



**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN DRAINASE  
JALAN LINGKAR LUAR BARAT SURABAYA  
TAHAP 3 (STA 4+000 SAMPAI DENGAN STA 11+502.94)**

Penyusun :

PERMATA PRAMESWARI

NRP. 3115 105 032

Dosen Pembimbing :

Ir. Bambang Sarwono, M.Sc

NIP. 195303021987011001

**JURUSAN S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**





TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN DRAINASE**

**JALAN LINGKAR LUAR BARAT SURABAYA**

**TAHAP 3 ( STA 4+000 SAMPAI DENGAN 11+502.94 )**

Penyusun :

PERMATA PRAMESWARI

NRP. 3115 105 032

Dosen Pembimbing :

Ir. Bambang Sarwono, MSc

NIP. 195303021987011001

JURUSAN S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017





FINAL PROJECT

**PLANNING THE DRAINAGE OF  
THE SURABAYA OUTER WEST RING ROAD  
STAGE 3 (STA 4+000 SAMPAI DENGAN STA 11+502.94)**

By :

PERMATA PRAMESWARI

NRP. 3115 105 032

Advisor :

Ir. Bambang Sarwono, MSc

NIP. 195303021987011001

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017



## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN DRAINASE JALAN LINGKAR LUAR BARAT TAHAP 3 STA 4+000 SAMPAI DENGAN STA 11+502.94

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**PERMATA PRAMESWARI**

NRP. 3115 105 032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Bambang Sarwono, Ir., M.Sc. (Pembimbing I)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# **PERENCANAAN DRAINASE JALAN LINGKAR LUAR BARAT**

## **TAHAP 3**

**STA 4+000 SAMPAI DENGAN STA 11+502.94**

**Oleh**

**Permata Prameswari / 3115105032**

**Mahasiswa LJ S1 Teknik Sipil FTSP ITS**

**[permata.its@gmail.com](mailto:permata.its@gmail.com)**

### **ABSTRAK**

*Jalan Lingkar Luar Barat adalah salah satu proyek pemerintah untuk mengurangi kemacetan pada daerah Surabaya Barat. Pembangunan Jalan Lingkar Luar Barat ini dimulai dari Romokalisari, Pakal, Sememi, sampai Lakarsantri dengan total panjang 26,1 km dan lebar 55 m. Jalan Lingkar Luar Barat ini bertujuan untuk mengurangi kemacetan bagi pengguna jalan dari arah Gresik yang akan menuju Mojokerto (dan sebaliknya) tanpa harus melalui tol Dupak-Waru, sebagai akses cepat menuju Pelabuhan Teluk Lamong. Agar jalan tersebut tidak tergenang ketika hujan maka dibutuhkan perencanaan sistem drainase yang tepat untuk jalan raya. Dari kondisi eksisting dapat diketahui bahwa daerah yang dilalui Jalan Lingkar Luar Barat adalah daerah yang pada saat hujan deras sering terjadi genangan dikarenakan drainase yang buruk dan elevasi jalan yang lebih rendah dari saluran drainase sekitar yang dapat sehingga dapat mengganggu pengguna jalan yang melewati jalan tersebut.*

*Pada tugas akhir ini, hal yang dilakukan adalah dengan melakukan survei lapangan dan studi literatur, pengumpulan data (data hidrologi, data peta, dan data hidrolika), analisa hidrologi dan hidrolika, perencanaan gorong-gorong sebagai fasilitas drainase, analisa elevasi, kemudian melakukan normalisasi terhadap sungai atau saluran kota sebagai saluran pembuang.*

*Hasil yang didapat dari perencanaan ini adalah saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat menggunakan u-ditch berdimensi 2 m x 2m. Untuk sungai atau saluran kota yang terpotong jalan menggunakan gorong-gorong berupa box culvert dengan dimensi menyesuaikan kapasitas penampang existing yang ada. Melakukan normalisasi dan pembangunan untuk saluran Sememi Selatan, saluran Made, dan Saluran Lakarsantri.*

*Kata kunci – drainase jalan, perencanaan drainase, Jalan Lingkar Luar Barat*

**PLANNING THE DRAINAGE OF  
THE OUTER WEST RING ROAD  
STAGE 3**

**STA 4+000 UNTIL STA 11+502.94**

**by**

**Permata Prameswari / 3115105032**

**College Student of LJ S1 Civil Engineering FTSP ITS**

**[permata.its@gmail.com](mailto:permata.its@gmail.com)**

**ABSTRACT**

*Outer West Ring Road is one of the government projects to reduce congestion in West Surabaya area. The development of this Outer West Road starts from Romokalisari, Pakal, Sememi, to Lakarsantri with a total length of 26.1 km and 55 m wide. West Outer Ring Road aims to reduce congestion for road users from Gresik towards Mojokerto (and vice versa) without going through the Dupak-Waru toll road, as a quick access to Teluk Lamong Port. In order for the road is not flooded when it is raining, it needs proper drainage system planning for the road. From the existing conditions it can be seen that the area passed by the West Outer Ring Road is an area that during heavy rains there are frequent puddles due to poor drainage and lower road elevation of the surrounding drainage canal so as to disturb road users passing through the road.*

*In this final project, conducted by field survey and literature study, data collection (hydrological data, map data, and hydraulics data), hydrological and hydraulic analysis, culvert design as drainage facility, elevation analysis, then normalization Against a river or city channel as a drainage channel.*

*The result of this planning is the drainage channel of the edge of Outer West Ring Road using u-ditch dimension 2 m*

*x 2m. For rivers or municipal tracts cut off the road using a culvert box culvert with dimensions adjust the existing existing cross-sectional capacity. Perform normalization and development for South Sememi channel, Made channel, and Lakarsantri channel.*

*Key word – road drainage, drainage planning, Outer West Ring Road*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Tahap 3 STA 4+000 Sampai Dengan STA 11+502.94”.

Adapun penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat penyusunan Tugas Akhir pada Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Karena keterbatasan pengalaman penulis, akan ada kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak demi hasil yang lebih baik.

Akhir kata ucapan terima kasih untuk berbagai pihak yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan kepada saya. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Surabaya, 01 Juli 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan .....	2
1.5    Manfaat .....	3
1.6    Lokasi Perencanaan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Penentuan Curah Hujan.....	5
2.1.1    Metode Rerata Aritmetik (Aljabar) .....	5
2.1.2    Metode Thiessen.....	6
2.1.3    Metode Isohyet.....	8
2.1.4    Cara Memilih Metode .....	8
2.2    Analisa Hidrologi .....	10
2.2.1    Perhitungan Curah Hujan Rencana .....	10
2.2.2    Uji Kecocokan Distribusi .....	16
2.2.3    Koefesien Pengaliran.....	20
2.2.4    Intensitas Hujan.....	21

2.2.5	Waktu Konsentrasi .....	23
2.2.6	Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	24
2.3	Analisa Hidrolika .....	25
2.3.1	Kemiringan Dasar Saluran ( $I_0$ ) .....	25
2.3.2	Penampang Saluran .....	26
2.4	Gorong-gorong (Culvert) .....	29
2.5	Profil muka air.....	29
BAB III METODOLOGI .....		31
3.1	Persiapan .....	31
3.2	Survei Lapangan.....	31
3.3	Studi Literatur .....	31
3.4	Pengumpulan Data .....	31
3.5	Pengolahan Data.....	32
3.5.1	Analisa Hidrologi .....	32
3.5.2	Analisa Hidrolika .....	32
3.6	Hasil dan Kesimpulan .....	32
3.7	Diagram Alir .....	33
BAB IV ANALISA DAN PERENCANAAN.....		35
4.1	Analisa Curah Hujan .....	35
4.1.1	Curah Hujan Rencana.....	35
4.2	Analisa Distribusi Frekuensi .....	44
4.2.1	Perhitungan Metode Distribusi Log Pearson Type III.....	44
4.3	Uji Kecocokan Distribusi Hujan .....	59



4.3.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat.....	59
4.3.2 Uji Smirnov – Kolmogorov.....	80
4.4 Analisis Waktu Konsentrasi .....	88
4.4.1 Waktu Konsentrasi untuk Saluran yang terpotong jalan.....	88
4.4.2 Waktu Konsentrasi untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Lingkar Luar Barat .....	89
4.5 Analisis Intensitas Hujan.....	94
4.6 Debit Rencana .....	96
4.7 Analisa Hidrolika .....	102
4.7.1 Perhitungan Debit Banjir ( <i>Full Bank Capacity</i> )	102
4.7.2 Perencanaan Dimensi Saluran Tepi jalan.....	104
4.8 Perencanaan Sistem Aliran.....	108
4.9 Perencanaan Gorong-Gorong.....	110
4.10 Perencanaan Elevasi untuk Saluran Tepi Jalan dan Saluran Pembuang.....	114
4.11 Normalisasi Saluran Kota yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat.....	117
4.11.1 Normalisasi Saluran Made .....	118
4.11.2 Normalisasi Saluran Lakarsantri .....	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	123
5.1 Kesimpulan .....	123
5.2 Saran.....	124
Daftar Pustaka .....	125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jaring-jaring Pos Penakar Hujan .....	9
Tabel 2. 2 Luas DAS .....	9
Tabel 2. 3 Topografi DAS.....	9
Tabel 2. 4 Nilai variabel Reduksi Gauss .....	10
Tabel 2. 5 Nilai $Y_n$ dan $S_n$ fungsi jumlah data .....	12
Tabel 2. 6 Nilai $k$ untuk setiap nilai $C_s$ (Koefisien Skewness) .....	14
Tabel 2. 7 Kriteria pemilihan distribusi .....	15
Tabel 2. 8 Nilai kritis untuk Distribusi <i>Chi-Kuadrat</i> (uji satu sisi) .....	18
Tabel 2. 9 Nilai kritis untuk Smirnov - Kolmogorov .....	19
Tabel 2. 10 Koefisien aliran .....	21
Tabel 2. 11 Koefisien Manning dari tiap jenis material saluran .....	26
Tabel 4. 1 Contoh data hujan Saluran Gunungsari tahun 2016 .....	36
Tabel 4. 2 Luas daerah pengaruh stasiun hujan.....	36
Tabel 4. 3 Perhitungan hujan harian rata-rata Saluran Gunungsari tahun 2016 .....	38
Tabel 4. 4 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Gunungsari .....	39
Tabel 4. 5 Rekapitulasi hujan harian untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, Saluran Lakarsantri, dan Saluran Tepi Jalan .....	41
Tabel 4. 6 Rekapitulasi hujan harian untuk Saluran Kedurus dengan metode rerata aljabar.....	42
Tabel 4. 7 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III Saluran Gunungsari .....	46
Tabel 4. 8 Nilai $K$ untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s=0,34$ .....	47
Tabel 4. 9 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III .....	47
Tabel 4. 10 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, dan Saluran Lakarsantri .....	49

Tabel 4. 11 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s=1,07$ .....	50
Tabel 4. 12 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	50
Tabel 4. 13 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III Kali Kedurus .....	53
Tabel 4. 14 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s=1,14$ .....	54
Tabel 4. 15 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	54
Tabel 4. 16 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III Saluran Drainase Jalan .....	57
Tabel 4. 17 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan $C_s=1,07$ .....	58
Tabel 4. 18 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III.....	58
Tabel 4. 19 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup.	61
Tabel 4. 20 Pembagian sub grup .....	62
Tabel 4. 21 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	63
Tabel 4. 22 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III.....	64
Tabel 4. 23 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup.	66
Tabel 4. 24 Pembagian sub grup .....	67
Tabel 4. 25 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	68
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III.....	69
Tabel 4. 27 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup.	71
Tabel 4. 28 Pembagian sub grup .....	72
Tabel 4. 29 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	73
Tabel 4. 30 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III.....	74
Tabel 4. 31 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup.	76
Tabel 4. 32 Pembagian sub grup .....	77
Tabel 4. 33 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	78
Tabel 4. 34 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III.....	79

Tabel 4. 35 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III .....	80
Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III .....	82
Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III .....	84
Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III .....	86
Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan tc Saluran yang terpotong jalan .....	89
Tabel 4. 40 Perhitungan tc untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat.....	90
Tabel 4. 41 Perhitungan tc untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur .....	92
Tabel 4. 42 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran yang terpotong Jalan .....	95
Tabel 4. 43 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat.....	95
Tabel 4. 44 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur.....	96
Tabel 4. 45 Perhitungan Cgabungan untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat .....	97
Tabel 4. 46 Perhitungan Cgabungan untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur .....	98
Tabel 4. 47 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk saluran yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat.....	99
Tabel 4. 48 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat .....	100
Tabel 4. 49 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur .....	101
Tabel 4. 50 Perhitungan kapasitas eksisting saluran yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat .....	103
Tabel 4. 51 Perbandingan kapasitas eksisting saluran dengan debit rencana 10 tahun.....	104
Tabel 4. 52 Dimensi u-ditch untuk saluran tepi jalan sisi barat .....	106

Tabel 4. 53 Dimensi saluran u-ditch untuk saluran tepi jalan sisi timur.....	107
Tabel 4. 54 Perhitungan pembagian debit aliran limpasan dari jalan ke sungai yang terpotong jalan .....	109
Tabel 4. 55 Dimensi gorong-gorong untuk setiap sungai yang dilewati.....	112
Tabel 4. 56 Kehilangan energi pada saat air masuk gorong-gorong .....	113
Tabel 4. 57 Kehilangan energi yang terjadi di sepanjang gorong-gorong.....	113
Tabel 4. 58 Kehilangan energi pada saat air keluar gorong-gorong .....	113
Tabel 4. 59 Total kehilangan energi di gorong-gorong .....	114
Tabel 4. 60 Elevasi untuk tiap pertemuan saluran tepi jalan sisi barat Jalan Lingkar Luar Barat dengan sungai .....	115
Tabel 4. 61 Elevasi untuk tiap pertemuan saluran tepi jalan sisi timur Jalan Lingkar Luar Barat dengan sungai .....	116
Tabel 4. 62 Rekapitulasi elevasi di gorong-gorong tiap sungai setelah ditambahkan kehilangan energi.....	117

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. 1 Lokasi Jalan Lingkar Luar Barat di daerah Sememi sampai Lakarsantri .....	3
Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar.....	5
Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen.....	7
Gambar 2. 3 Dimensi saluran segi empat.....	26
Gambar 2. 4 Dimensi saluran trapesium .....	27
Gambar 2. 5 Dimensi saluran lingkaran.....	28
Gambar 2. 6 Definisi untuk perhitungan profil muka air dengan metode tahapan langsung.....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir .....	33
Gambar 4. 1 Skema sistem aliran untuk saluran drainase Jalan Lingkar Luar Barat.....	108

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Untuk mengatasi kemacetan kota Surabaya, pemerintah membangun jalan lingkar luar barat. Jalan lingkar luar barat ini nantinya akan menghubungkan kabupaten Gresik dengan kota Surabaya sehingga arus lalu lintas dari kota Surabaya ke kabupaten Gresik atau sebaliknya tidak perlu melewati tengah kota Surabaya. Pembangunan jalan ini juga difungsikan untuk jalur angkutan barang dari pelabuhan.

Seiring dengan dibangunnya suatu jalan, pasti akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi di daerah sekitar yang dilalui jalan tersebut. Begitu pula pada jalan liingkar luar barat juga akan berdampak pada sekitar Kecamatan Benowo, Kecamatan Sambikerep, dan Kecamatan Lakarsantri yang masih berupa lahan kosong dan area persawahan. Dengan dibangunnya fasilitas jalan raya ini, tidak menutup kemungkinan bahwa beberapa tahun mendatang, lokasi tersebut akan berubah menjadi permukiman, perdagangan, dan jasa industri. Hal ini dapat menyebabkan perubahan fungsi tata guna lahan yang berdampak pada daerah resapan yang semakin berkurang. Untuk itu pembangunan jalan lingkar luar barat ini juga terdapat pembangunan saluran drainase di sisi samping kiri dan kanan yang gunanya untuk membuang limpasan air hujan pada jalan tersebut.

Beberapa faktor yang paling penting dalam perencanaan perkerasan jalan raya agar pengguna jalan raya merasa nyaman adalah tidak terdapatnya kerusakan pada jalan dan sistem drainase yang baik sehingga tidak terjadi genangan air di jalan lingkar luar barat. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan genangan di badan jalan jika limpasan air hujan tidak dapat diterima dengan baik oleh sistem drainase yang ada. Jalan lingkar luar barat juga melintasi beberapa sungai. Sungai tersebut dapat difungsikan sebagai saluran drainase untuk mentransfer limpasan air hujan atau sebagai pembuangan akhir. Maka perlu dilakukan pengecekan kapasitas sungai agar debit

limpasan dari jalan lingkar luar barat tidak membebani sungai tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka terdapat beberapa masalah yang harus dibahas antara lain :

1. Bagaimanakah kondisi sistem drainase eksisting pada kawasan Jalan Lingkar Luar Barat?
2. Berapakah besar debit banjir rencana maksimum yang akan dialirkan menuju saluran drainase Jalan Lingkar Luar Barat?
3. Berapakah kebutuhan dimensi saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat agar dapat menampung limpasan air hujan?
4. Fasilitas drainase apakah yang diperlukan dalam perencanaan Jalan Lingkar Luar Barat?
5. Bagaimanakah pengaruh pembangunan Jalan Lingkar Luar Barat terhadap debit limpasan pada sungai atau saluran yang dilalui?

## 1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Lokasi studi adalah pembangunan Jalan Lingkar Luar Barat tahap 3 (Sememi sampai Lakarsantri).
2. Tidak merencanakan perkerasan jalan.
3. Tidak menghitung anggaran biaya.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi sistem drainase eksisting pada kawasan Jalan Lingkar Luar Barat.
2. Menentukan besar debit banjir rencana 5 tahun yang akan dialirkan menuju saluran drainase Jalan Lingkar Luar Barat.

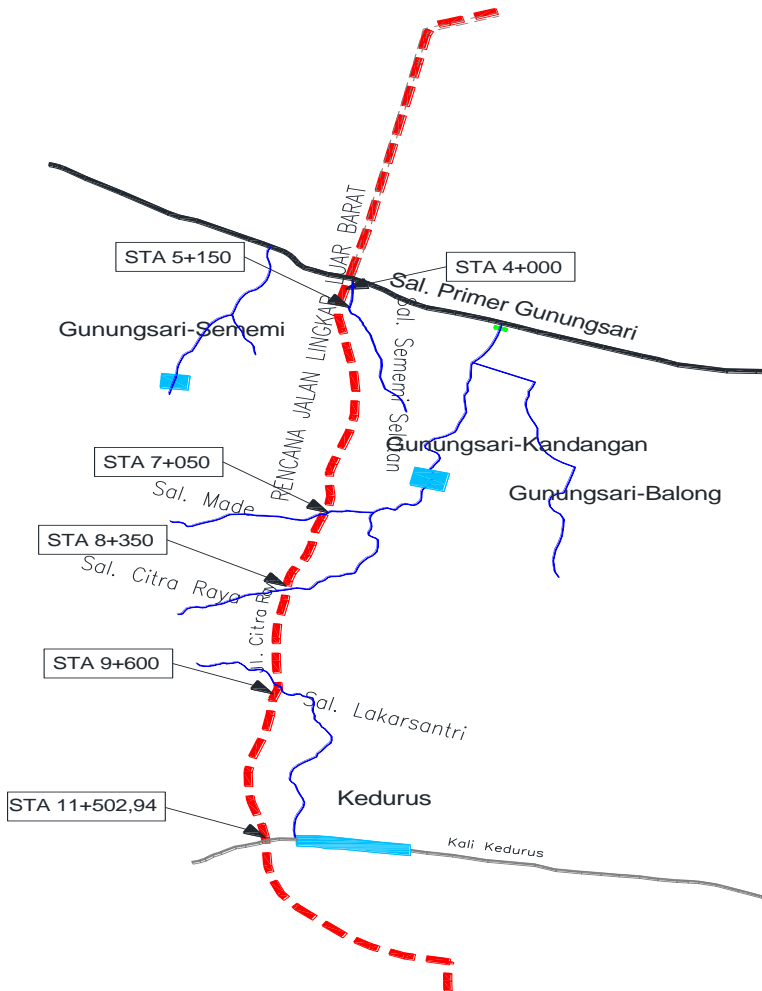
3. Merencanakan kebutuhan dimensi saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat agar dapat menampung limpasan air hujan.
4. Merencanakan fasilitas drainase yang diperlukan dalam perencanaan Jalan Lingkar Luar Barat.
5. Merencanakan dimensi gorong-gorong untuk sungai atau saluran yang dilalui Jalan Lingkar Luar Barat.
6. Mengetahui pengaruh pembangunan Jalan Lingkar Luar Barat terhadap debit limpasan pada sungai atau saluran yang dilalui.

### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan sistem drainase yang baik agar tidak menimbulkan genangan di area Jalan Lingkar Luar Barat dan juga tidak membebani sungai atau saluran yang difungsikan sebagai pembuangan akhir.

### 1.6 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan Jalan Lingkar Luar Barat berada di daerah Sememi sampai Lakarsantri (dapat dilihat pada gambar 1.1).



Gambar 1. 1 Lokasi Jalan Lingkar Luar Barat

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penentuan Curah Hujan**

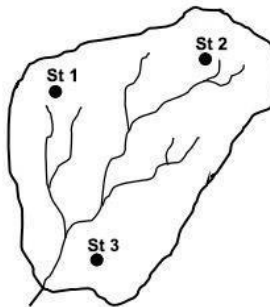
Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukur yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tidak sama.

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu:

##### **2.1.1 Metode Rerata Aritmetik (Aljabar)**

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan.

Contoh pengukuran hujan rerata Aritmetik dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.1



Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Aljabar

Metode rerata Aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- Stasiun tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relative merata pada seluruh DAS.
- Kawasan dengan topografi rata atau datar.

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana: R = Curah hujan rerata tahunan (mm)

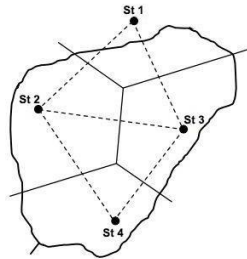
n = jumlah stasiun yang digunakan

$R_1 + R_2 + R_3 + R_n$  = Curah hujan rerata tahunan di tiap titik (mm)

### 2.1.2 Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun.

Contoh pengukuran hujan rerata Thiessen dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.2



Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen ini banyak digunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon Thiessen yang baru. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500-5.000 km<sup>2</sup>, dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Prosedur penerapan metode ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Lokasi pos penakar hujan diplot pada peta DAS. Antar pos penakar dibuat garis lurus penghubung.
2. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon Thiessen. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan pos penakar yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap pos lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada pos tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
3. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS, dapat diketahui dengan menjumlahkan semua luasan poligon.

Perhitungan Polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

$$\text{Rrata-rata} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:  $\bar{R}$  = Curah hujan rata – rata  
 $R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n  
 $A_1, A_2, A_n$  = Luas daerah pada polygon 1, 2, ..., n

### 2.1.3 Metode Isohyet

Cara ini memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan . metode isohyet terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

- Plot data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
- Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang umum dipakai adalah 10 mm
- Hitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua isohyet yang berdekatan.

Perhitungan Isohyet adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 \left( \frac{R_1 + R_2}{2} \right) + A_2 \left( \frac{R_2 + R_3}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:  $\bar{R}$  = Curah hujan rata – rata  
 $R_1, R_2, R_n$  = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n  
 $A_1, A_2, A_n$  = Luas daerah pada polygon 1, 2, ..., n

Metode isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km<sup>2</sup>.

### 2.1.4 Cara Memilih Metode

Pemilihan metode yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut : \*+

1. Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
2. Luas DAS



### 3. Topografi DAS

Tabel 2. 1 Jaring-jaring Pos Penakar Hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode isohyet, Thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

Tabel 2. 2 Luas DAS

DAS besar ( $> 5000 \text{ km}^2$ )	Metode isohyet
DAS sedang (500 s/d $5000 \text{ km}^2$ )	Metode Thiessen
DAS kecil ( $< 500 \text{ km}^2$ )	Metode rata-rata aljabar

Tabel 2. 3 Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode isohyet

## 2.2 Analisa Hidrologi

### 2.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana

#### 1. Metode Distribusi Normal

Distribusi *normal* banyak digunakan dalam analisis hidrologi, misalnya dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata tahunan dan sebagainya. Distribusi *normal* atau disebut pula distribusi *Gauss*. Fungsi densitas peluang normal (*Normal Probability Density Function*) dari variabel acak kontinyu dapat ditulis sebagai berikut :

Dalam pemakaian praktis digunakan rumus umum, sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + k \cdot S \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :  $X_t$  = Perkiraan nilai  $x$  yang diharapkan terjadi dengan periode ulang  $t$  tahun

$S$  = Deviasi Standar nilai variat  $X$

$k$  = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (lihat tabel 2.4)

Tabel 2. 4 Nilai variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05
2	0,500	0
5	0,200	0,84
10	0,100	1,28
20	0,050	1,64
50	0,020	2,05
100	0,010	2,33

(Sumber : Bonnier, 1980)

## 2. Metode Distribusi Gumbel

Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

$$P(X) = e^{-e^{a(X-b)}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Jika diambil  $Y = a(X-b)$ , dengan  $Y$  disebut *reduced varied*, maka persamaan dapat ditulis :

$$P(X) = e^{-e^{-Y}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana  $e$  = bilangan alam 2,7182818...

Dengan mengambil dua kali harga logaritma dengan bilangan dasar terhadap persamaan (2.5) diperoleh persamaan berikut ini.

$$X = \frac{1}{a} [ab - \ln\{-\ln P(X)\}] \dots\dots\dots (2.7)$$

Kata ulang (*return period*) merupakan nilai banyaknya tahun rata-rata di mana suatu besaran disamai atau dilampaui oleh suatu harga, sebanyak satu kali. Hubungan antara periode ulang dan probabilitas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$T_r(X) = \frac{1}{1-P(X)} \dots\dots\dots (2.8)$$

substitusikan persamaan (2.8) ke dalam persamaan (2.5) akan diperoleh persamaan berikut ini.

$$X_{T_1} = b - \frac{1}{a} \ln \left\{ -\ln \frac{T_r(X)-1}{T_r(X)} \right\} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan  $Y = a(X-b)$ , maka diperoleh persamaan berikut ini.

$$Y_{T_1} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r(X)-1}{T_r(X)} \right\} \dots\dots\dots (2.10)$$

(Sumer : Suripin, 2003 : 50)

Dalam penggambaran pada kertas probabilitas, Chow (1964) menyarankan penggunaan rumus berikut ini.

$$X = \mu + \sigma K \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :  $\mu$  = harga rata-rata populasi

$\sigma$  = standar deviasi (simpangan baku)

$K$  = faktor probabilitas

Apabila jumlah populasi yang terbatas (sampel), maka persamaan (2.11) dapat didekati dengan persamaan:

$$X = \bar{X} + k.S \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:  $\bar{X}$  = harga rata-rata sampel  
 $S$  = standar deviasi (simpangan baku)  
 sampel

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :  $Y_n$  = *reduced mean* yang tergantung  
 jumlah sampel/data n (Tabel 2.5)  
 $S_n$  = *reduced standart deviation* yang juga  
 tergantung pada jumlah sampel/data  
 $Y_t$  = *reduced variate*, yang dapat dihitung  
 dengan persamaan berikut ini.

(Sumber : Suripin, 2003 : 51)

Tabel 2. 5 Nilai  $Y_n$  dan  $S_n$  fungsi jumlah data

n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$
10	0,4952	0,9497	25	0,5309	1,0914	40	0,5439	1,1413
11	0,4996	0,9676	26	0,5320	1,0961	41	0,5442	1,1436
12	0,5035	0,9833	27	0,5332	1,1004	42	0,5448	1,1458
13	0,5070	0,9972	28	0,5343	1,1047	43	0,5453	1,1480
14	0,5100	1,0098	29	0,5353	1,1086	44	0,5458	1,1490
15	0,5128	1,0206	30	0,5362	1,1124	45	0,5463	1,1518
16	0,5157	1,0316	31	0,5371	1,1159	46	0,5468	1,1538
17	0,5181	1,0411	32	0,5380	1,1193	47	0,5473	1,1557
18	0,5202	1,0493	33	0,5388	1,1226	48	0,5477	1,1574
19	0,5220	1,0566	34	0,5396	1,1255	56	0,5508	1,1696
20	0,5236	1,0629	35	0,5402	1,1285	57	0,5511	1,1708
21	0,5252	1,0696	36	0,5410	1,1313	58	0,5515	1,1721
22	0,5268	1,0754	37	0,5418	1,1339	59	0,5518	1,1734
23	0,5283	1,0811	38	0,5424	1,1363	60	0,5521	1,1747
24	0,5296	1,0864	39	0,5430	1,1388	61	0,5524	1,1759

(Sumber: Triatmodjo, 2008;227)

### 3. Metode Distribusi *Log Pearson III*

Distribusi *Log Pearson III* banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi *Log Pearson III* merupakan hasil transformasi dari distribusi *Log Normal* dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik.

Bentuk kumulatif dari distribusi *Log Pearson type III* dengan nilai variatnya  $X$  apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Persamaan garis lurunya adalah :

$$X = \bar{X} - k \cdot S \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :  $X$  = Nilai logaritmik dari  $X$

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata dari  $X$

$k$  = faktor frekuensi

$S$  = deviasi standar dari  $X$

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi *Log Pearson Type III*, adalah :

1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat  $X$

2) Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots (2.15)$$

$n$  = Jumlah data

3) Hitung nilai deviasi standarnya dari  $\log X$  :

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.16)$$

4) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} \dots\dots\dots (2.17)$$

$C_s$  = Nilai Kemencengan (lihat pada tabel 2.3)

Sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log X} + k(S \log X) \dots\dots\dots (2.18)$$

(Sumber : Soewarno, 1995 : 141-143)

Tabel 2. 6 Nilai k untuk setiap nilai Cs (Koefisien Skewness)

Cs	Periode ulang (tahun)						
	1,01	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang (%)						
	99	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449

-1,4	-2,271	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber : Soemarto,1987)

Untuk menentukan distribusi yang tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang t tahun, maka perlu diperhatikan syarat – syarat pada tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Kriteria pemilihan distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Distribusi <i>Normal</i>	Cs = 0 Ck = 3
2	Distribusi <i>Gumbel</i>	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
3	Distribusi <i>Log Pearson III</i>	Bebas Bebas

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2009)

#### 4. Parameter Dasar Statistik

- Standar Deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai standart deviasi dpat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

Sd = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai curah hujan rata-rata (mm)

(Sumber: Suripin, 2003;34)

- Koefisien Kemencengan

Suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefisien kemencengan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S^3)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

$C_s$  = Koefisien *skewness*

$S_d$  = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

$X_i$  = *Variabel random* (mm)

$N$  = Jumlah data

(*Sumber: Soewarno, 1995; 81*)

- Koefisien Keruncingan

Untuk menentukan keruncingan kurva distribusi yang pada umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(S^4)} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

$C_k$  = Koefisien Kurtosis

$N$  = Jumlah data

$S_d$  = Standart deviasi

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

$X_i$  = *Variabel random* (mm)

(*Sumber: Triatmodjo, 2008; 243*)

- Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

$C_v$  = Koefisien variasi

$S$  = Standart Deviasi

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

## 2.2.2 Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari contoh terhadap fungsi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi



tersebut diperlukan pengujian parameter yang akan disajikan dalam sub bab ini adalah :

### 1. Uji Chi – Kuadrat

Uji Chi–Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang (metode yang digunakan untuk mencari hujan rencana), dapat mewakili distribusi sampel data yang analisis.

Parameter yang digunakan untuk pengambilan keputusan uji ini adalah  $X^2h$ , sehingga disebut Uji Chi–Kuadrat. Parameter  $X^2h$  dapat dihitung dengan rumus:

$$X^2h = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :  $X^2h$  = Harga Chi-Kuadrat

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada Sub  
Kelompok Ke-1 Parameter  
 $x^2h$  merupakan Variabel acak

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub  
kelompok ke-1

Prosedur perhitungan uji Chi Kuadrat adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari yang terbesar ke yang terkecil atau sebaliknya).
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal empat data pengamatan.
- 3) Jumlah data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap-tiap sub grup.
- 4) Jumlah data pengamatan sebesar distribusi yang digunakan sebesar:

$$E_i = \frac{\sum O_i}{\sum Sub} \dots\dots\dots (2.24)$$

- 5) Tiap-tiap sub grup hitung nilai :  $(O_i - E_i)$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- 6) Jumlahkan seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- 7) Menentukan derajat kebebasan. Rumus derajat kebebasan adalah :  
 $DK = K - (R + 1)$   
 Dimana : DK = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas  
 R = Banyak keterkaitan (biasanya diambil R=2 untuk distribusi normal dan binomial dan R=1 untuk distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

(Sumber : Soewarno, 1995: 194-195)

Tabel 2. 8 Nilai kritis untuk Distribusi *Chi-Kuadrat* (uji satu sisi)

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188

(Sumber: Soewarno, 1995: 223)

## 2. Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji *Smirnov-Kolmogorov* sering juga disebut uji kecocokan non parametik (*non parametric test*) Karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Prosedur Uji *Smirnov-Kolmogorov* adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari data terbesar sampai yang terkecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X_n) = \frac{m}{n+1} \text{ dan } P(X_m) = 1 - P(X_i) \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :  $P(X)$  = Peluang

m = Nomor urut kejadian

$n$  = Jumlah data

- 2) Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dan hasil penggambaran data (persamaan distribusi).

$$X1 = P'(X1)$$

$$X2 = P'(X2)$$

$$Xm = P'(Xm)$$

$$Xn = P'(Xn)$$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S_d} \text{ dan } P'(Xi) = 1 - P'(Xm) \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :  $P/(Xm)$  = Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke-m yang didapat dari tabel

$X$  = Curah hujan harian

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata

$F(t)$  = Distribusi normal standard

- 3) Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut.

$$D_{maks} = [P(Xm) - P'(Xm)] \dots \dots \dots (2.27)$$

- 4) Tentukan harga  $Do$  berdasarkan tabel nilai kritis *Smirnov-Kolmogorov*.

Berdasarkan tabel 2.6 nilai kritis *Smirnov-Kolmogorov test*, tentukan harga  $Do$  dengan ketentuan :

- Apabila  $D_{max} < Do$ , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi dapat diterima.
- Apabila  $D_{max} > Do$ , maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak dapat diterima. Nilai kritis  $Do$  bisa dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2. 9 Nilai kritis untuk Smirnov - Kolmogorov

N	$\alpha$			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40

20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
N>50	1,07	1,22	1,36	1,63
	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$

### 2.2.3 Koefesien Pengaliran

Koefesien pengaliran merupakan perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan penyebab limpasan. Koefesien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi karakteristik sebagai berikut :

- Kondisi hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kebasahan tanah
- Tata guna lahan

Untuk menentukan koefesien pengaliran rata – rata, rumus yang digunakan adalah :

$$C = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n}{A \text{ total}} \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana : C = Koefesien aliran rata – rata

A<sub>n</sub> = Luas Daerah pengaruh hujan ke – n  
(km<sup>2</sup>)

C<sub>n</sub> = Koefesien aliran pada tata guna lahan  
(lihat pada tabel 2.10)

A = Luas total DAS (km<sup>2</sup>)

(Sumber : Subarkah, 1980 : 51)

Tabel 2. 10 Koefisien aliran

Kondisi Daerah Aliran	Koefesien Aliran (C)		
- Rerumputan	0,05	-	0,35
- Bisnis	0,50	-	0,95
- Perumahan	0,25	-	0,75
- Industri	0,50	-	0,90
- Pertamanan	0,10	-	0,25
- Tempat Bermain	0,20	-	0,35
- Daerah Pegunungan berlereng terjal	0,75	-	0,90
- Daerah perbukitan	0,70	-	0,80
- Tanah bergelombang dan bersemak - semak	0,50	-	0,75
- Tanah dataran yang digarap	0,45	-	0,65
- Persawahan irigasi	0,70	-	0,80
- Sungai di daerah pegunungan	0,75	-	0,85
- Sungai kecil di dataran	0,45	-	0,75
- Sungai yang besar dengan wilayah aliran lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50	-	0,75

(Sumber : Loebis, 1984)

#### 2.2.4 Intensitas Hujan

Intensitas Hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan persatuan waktu, yang tergantung dari lama hujan dan frekuensi kejadiannya, yang diperoleh dari analisa data hujan. Perhitungan intensitas hujan tergantung dari data yang tersedia. Hubungan intensitas waktu hujan yang banyak dirumuskan pada umumnya tergantung dari parameter kondisi setempat.

Bila proses pendinginan terjadi secara besar-besaran maka butir-butir air akan jatuh sebagai hujan (Presipitasi). Sebenarnya presipitasi yang terjadi dapat juga berupa salju, embun dan sebagainya. Derasnya hujan tergantung dari banyaknya uap air yang terkandung didalam udara. Pada umumnya, semakin deras hujannya, maka semakin pendek waktunya, oleh karena itu setelah sebagian uap air mengkondesir udara semakin kering maka deras hujannya berubah dengan waktu.

Data dari alat hujan penangkar hujan manual; data hujan harian atau data hujan 24 jam, menggunakan rumus yang digunakan adalah rumus *Mononobe*

- Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:  $I$  = Intensitas Hujan (mm/jam)  
 $R_{24}$  = Tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)  
 $t$  = Waktu hujan (jam)

Data dari alat penangkar hujan otomatis, data hujan jam-jaman, rumus yang digunakan adalah rumus-rumus empiris:

- Talbot

$$I_t = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:  $I_t$  = Intensitas Hujan (mm/jam)  
 $t$  = Waktu konsentrasi (menit)  
 $a, b$  = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

- Ishiguro

$$I_t = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:  $I_t$  = Intensitas Hujan (mm/jam)  
 $t$  = Waktu konsentrasi (menit)  
 $a, b$  = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

- Sherman

$$I_t = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana:  $I_t$  = Intensitas Hujan (mm/jam)  
 $t$  = Waktu konsentrasi (menit)  
 $a, b, n$  = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

### 2.2.5 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentasi DAS adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan. Jadi waktu konsentrasi ( $t_c$ ) adalah penjumlahan dari waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat ( $t_0$ ) dan waktu untuk mengalir di dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau ( $t_f$ ).

Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

$$t_c = t_0 + t_f \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana:  $t_c$  = Waktu konsentrasi (jam)  
 $t_f$  = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang channel flowing (jam)  
 $t_0$  = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai outlet (jam)

Untuk mencari harga  $T_0$  dan  $T_f$  dipakai rumus:

- Rumus Kirpich

$$t_0 = 0,0195 \times \left( \frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right)^{0,77} \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana :  $l_0$  = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau  
 $I_0$  = Kemiringan rata-rata permukaan tanah ke saluran yang ditinjau

(Sumber: Suripin, 2003)

- Rumus Kerby

$$t_0 = 1,44 \times \left( l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,467} \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana :  $l_0$  = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)  
 $nd$  = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran  
 $S_0$  = Kemiringan daerah pengaliran

(Sumber: Suripin, 2003)

- Rumus  $t_f$

$$T_f = \frac{L}{V} \dots \dots \dots (2.36)$$

Dimana :  $L$  = Panjang saluran (m)  
 $V$  = Kecepatan di dalam saluran (m/det)

(Sumber: Suripin, 2003)

#### 2.2.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Model ini sangat simpel dan mudah dalam penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil kurang dari 300 ha. Model ini tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf.

Persamaan metode rasional dapat ditulis dalam bentuk:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} CIA \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana :  $Q_p$  = Debit puncak banjir ( $m^3/det$ )  
 $A$  = Luas daerah aliran sungai (km)  
 $C$  = Koefisien pengaliran  
 $I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)



## 2.3 Analisa Hidrolika

### 1. Perencanaan Saluran Drainase

Perencanaan saluran drainase harus berdasarkan perhitungan debit yang akan ditampung oleh daerah tersebut dan kondisi lapangan. Batasan dalam perencanaan saluran adalah sebagai berikut :

- a. Dalamnya aliran, luas penampang lintasan aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap setiap penampang melintang.
- b. Bentuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi eksisting.

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang sangat memuaskan

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (2.38)$$

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2.39)$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (2.40)$$

Dimana :

$Q$  = Debit saluran ( $m^3/detik$ )

$V$  = Kecepatan aliran ( $m/detik$ )

$A$  = Luas penampang basah saluran ( $m^2$ )

$n$  = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran

$R$  = Jari-jari hidrolis saluran =  $\frac{A}{P} (m)$

$I$  = Kemiringan dasar saluran

### 2.3.1 Kemiringan Dasar Saluran ( $I_0$ )

Kemiringan dasar saluran merupakan perbandingan antara selisih elevasi dengan panjang saluran.

$$I_0 = \frac{\Delta H}{L} \dots \dots \dots (2.41)$$

Dimana :

$I_0$  = Kemiringan dasar saluran

$\Delta H$  = Selisih tinggi

$L$  = Panjang saluran (m)

Tabel 2. 11 Koefisien Manning dari tiap jenis material saluran

Material Saluran	Koefisin Kekasaran
Plester halus	0,001 - 0,013
Plester kasar	0,011 - 0,015
Beton dipoles sedikit	0,013 - 0,016
Beton dipoles dengan sendok kayu	0,011 - 0,015
Batu teratur dengan semen	0,015 - 0,020
Batu bata dengan semen	0,012 - 0,018
Batu tidak teratur dengan semen	0,017 - 0,024
Pasangan batu pecah disemen	0,017 - 0,030
Tanah dengan sedikit tanaman pengganggu	0,022 - 0,033
Tanah dengan banyak tanaman pengganggu	0,030 - 0,040

### 2.3.2 Penampang Saluran

#### ❖ Penampang Saluran Segi Empat

$$Q = V \cdot A \dots \dots \dots (2.42)$$

Dimana :

$Q$  = Debit Saluran ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

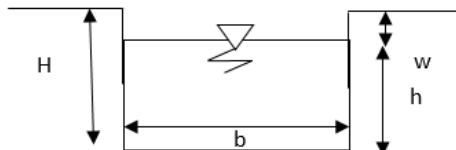
$A$  = Luas penampang basah saluran ( $\text{m}^2$ )

$$= b \times h$$

$P$  = Keliling basah =  $b + 2h$

$R$  = Jari-jari hidrolis saluran (m) =  $A/P$

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)



Gambar 2. 3 Dimensi saluran segi empat

## ❖ Penampang Saluran Trapesium

$$Q = V \cdot A \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana :

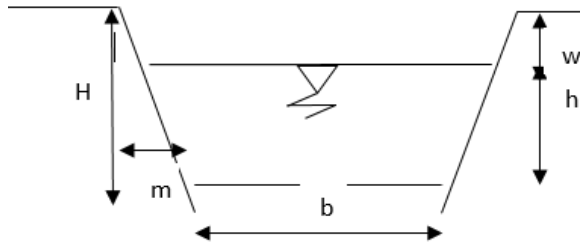
$Q$  = Debit Saluran ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$A$  = Luas penampang basah saluran ( $\text{m}^2$ ) =  
 $(b + mh)h$

$P$  = Keliling basah =  $b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

$R$  = Jari-jari hidrolis saluran (m) =  $A/P$

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)



Gambar 2. 4 Dimensi saluran trapesium

## ❖ Penampang Saluran Lingkaran

$$Q = V \cdot A \dots \dots \dots (2.44)$$

Dimana :

$Q$  = Debit Saluran ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$B$  = Lebar puncak (m) =  $(\sin \frac{\phi}{2}) d$

$A$  = Luas penampang basah saluran ( $\text{m}^2$ ) =  
 $\frac{1}{8} \cdot (\phi - \sin \phi) \cdot d^2$

$P$  = Keliling basah =  $\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot d$

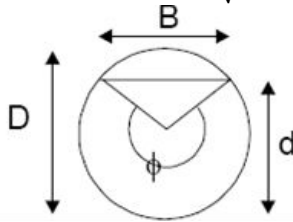
$R$  = Jari-jari hidrolis saluran (m) =  $\frac{1}{4} \left( 1 - \frac{\sin \phi}{\phi} \right) d$

$D$  = Kedalaman hidraulik (m) =  $\frac{A}{B}$

$V$  = Kecepatan aliran (m/detik)

$$\text{Aliran bebas (v)} = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$\text{Aliran tertekan (v)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



Gambar 2. 5 Dimensi saluran lingkaran

## 2.4 Gorong-gorong (Culvert)

- Pengertian

Gorong-gorong adalah saluran tertutup (pendek) yang mengalirkan air melewati jalan raya, jalan kereta api, atau timbunan lainnya. Gorong-gorong biasanya dibuat dari beton, aluminium gelombang, baja gelombang dan kadang-kadang plastik gelombang. Bentuk penampang melintang gorong-gorong bermacam-macam, ada yang bulat, persegi, oval, tapal kuda, dan segitiga. Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan minimum 60 cm.

- Kehilangan energi pada gorong-gorong

1. Kehilangan energi pada pemasukan (entrance)

$$h_e = 0,5 \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.45)$$

2. Kehilangan energi sepanjang gorong-gorong

$$h_f = \frac{\lambda L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.46)$$

3. Kehilangan energi pada pengeluaran (exit)

$$h_o = \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.47)$$

Dimana

V = kecepatan aliran dalam gorong-gorong

$\lambda$  = koefisien gesekan pada dinding gorong-gorong

L = panjang gorong-gorong

D = diameter gorong-gorong

(Sumber: Suripin, 2003)

## 2.5 Profil muka air

- Metode tahapan langsung (direct step method)

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

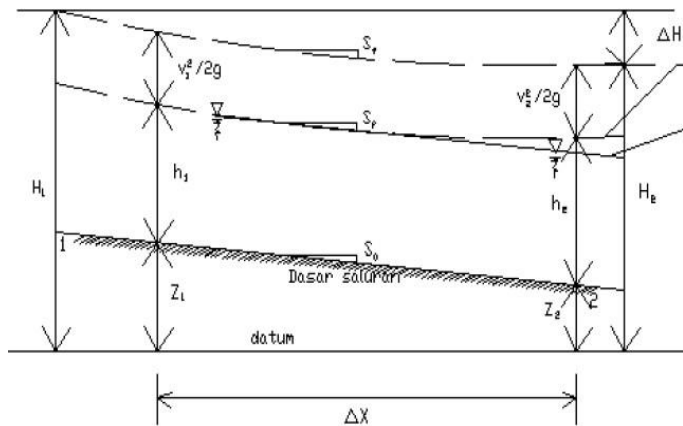
z = ketinggian dasar saluran dari saluran dari garis referensi

h = kedalaman air dari dasar saluran

V = kecepatan rata-rata

g = percepatan gravitasi

$h_f$  = kehilangan energi karena gesekan dasar saluran



Gambar 2. 6 Definisi untuk perhitungan profil muka air dengan metode tahapan langsung

## **BAB III METODOLOGI**

Dalam bab ini akan ditulis tahapan – tahapan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Tahap 3 Sta 4+850 Sampai Dengan Sta 11+502.94 " sehingga dapat dicantumkan dalam bentuk flow chart gambar 3.1. Adapun tahapan penyusunan tugas akhir yaitu sebagai berikut:

### **3.1 Persiapan**

Persiapan ini sangat penting dilakukan yang meliputi pihak mana yang dapat dihubungi terkait dengan keperluan dalam penyusunan tugas akhir dan mengurus surat – surat yang diperlukan sebagai kelengkapan administrasi demi kelancaran penyusunan Tugas Akhir.

### **3.2 Survei Lapangan**

Melakukan peninjauan lapangan untuk mengetahui keadaan eksisting saluran dari jaringan drainase yang ada dengan mengacu pada peta situasi yang sudah ada.

### **3.3 Studi Literatur**

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan dasar teori yang tepat. Studi literatur antara lain adalah SDMP (Surabaya Drainage Master Plan) dan buku perencanaan drainase jalan raya.

### **3.4 Pengumpulan Data**

Adapun data yang dibutuhkan untuk keperluan penyusunan Tugas Akhir ini antara lain :

#### **1. Data hidrologi**

- **Data Hujan**

Data hujan yang digunakan untuk mengetahui debit banjir limpasan dari Jalan Lingkar Luar Barat yang dipengaruhi oleh stasiun penakar curah hujan terdekat. Data curah hujan maksimum tahunan dari 0 tahun terakhir.

#### **2. Data peta**

- Peta tata guna lahan
- Peta sistem drainase

- Peta topografi
3. Data Hidraulika
- Koefisien manning
  - Kemiringan saluran
  - Long dan cross saluran drainase

### 3.5 Pengolahan Data

#### 3.5.1 Analisa Hidrologi

- 1) Penentuan Curah Hujan
- 2) Menghitung Curah Hujan Maksimum
- 3) Menghitung Curah Hujan Rencana
  - ✓ Metode distribusi *Normal*
  - ✓ Metode distribusi *Gumbel*
  - ✓ Metode distribusi *Log Pearson Type III*
- 4) Uji Distribusi Statistik
  - ✓ Metode Chi-Kuadrat (*Chi Square*)
  - ✓ Metode *Smirnov-Kolmogorov*
- 5) Menentukan Koefisien Pengaliran
- 6) Menghitung Debit Rencana

#### 3.5.2 Analisa Hidrolika

- 1) Merencanakan Sistem Drainase
- 2) Menghitung kapasitas saluran Sistem Drainase
- 3) Menghitung kapasitas sungai yang terpotong oleh Jalan Lingkar Luar Barat
- 4) Merencanakan fasilitas drainase
- 5) Merencanakan gorong-gorong

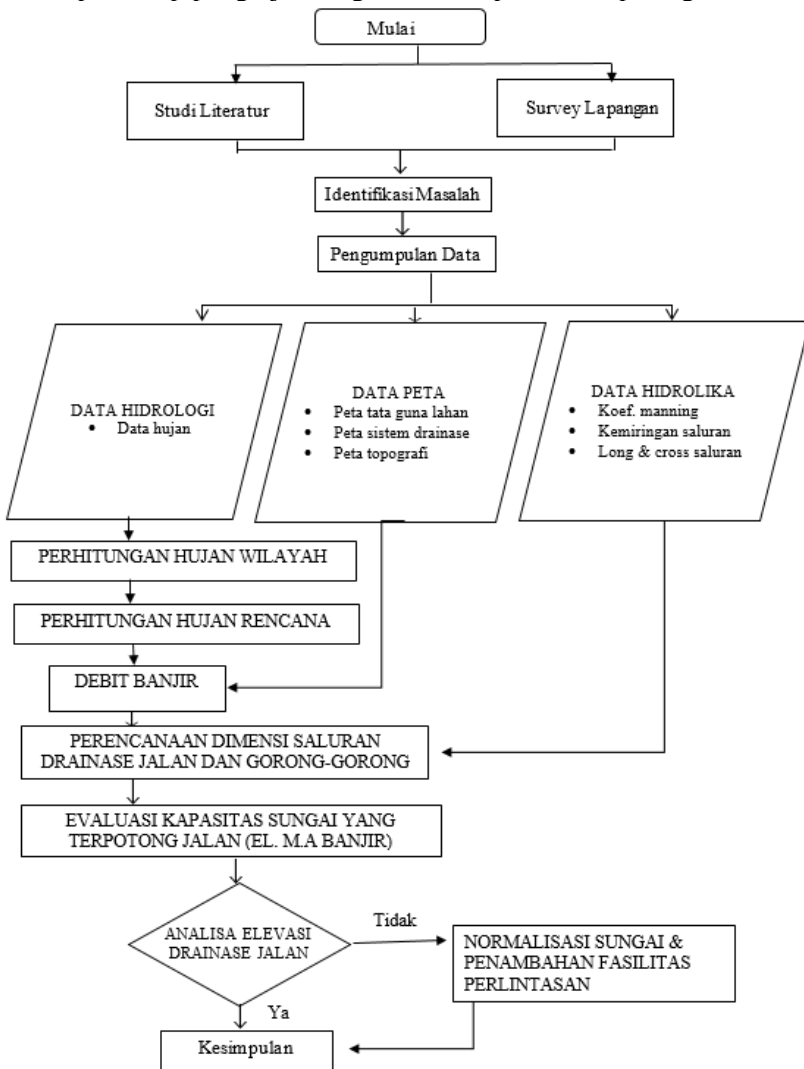
### 3.6 Hasil dan Kesimpulan

Hasil yang diharapkan adalah perencanaan dimensi saluran drainase yang dapat menampung debit limpasan dari Jalan Lingkar Luar Barat dan mengoptimalkan sungai atau saluran kota sebagai saluran pembuangan akhir dengan penambahan gorong-gorong dan fasilitas drainase lainnya.



### 3.7 Diagram Alir

Tahap – tahap pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.1



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PERENCANAAN**

#### **4.1 Analisa Curah Hujan**

Data hujan yang diperoleh dari stasiun hujan merupakan hujan yang terjadi pada satu titik saja. Untuk perhitungan hidrologi, dibutuhkan data hujan di kawasan yang ditinjau, sehingga memerlukan satu atau beberapa stasiun hujan. Ada 3 cara yang sering digunakan untuk mengubah data hujan tersebut. Cara-cara ini adalah Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen, dan Ishoyet.

Ditinjau dari letak penakar stasiun hujannya yang tidak merata dan jumlah pos penakar hujan yang terbatas dibandingkan luasnya, kondisi Topografi yang datar serta dalam bentuk kawasan yang memiliki luas bervariasi, maka data hujan dihitung dengan penggabungan 2 metode yaitu Poligon Thiessen dan Rata-Rata Aljabar / Aritmatik

##### **4.1.1 Curah Hujan Rencana**

Untuk perencanaan drainase jalan lingkaran luar barat ini, ada 5 (lima) sungai yang terpotong oleh jalan tersebut, maka untuk stasiun hujannya juga menyesuaikan dari letak sungai dengan stasiun hujan yang berpengaruh. Saluran Primer Gunungsari-Sememi dipengaruhi oleh 3 (tiga) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Gunungsari, stasiun hujan Kandangan dan stasiun hujan Simo. Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, dan Saluran Lakarsantri dipengaruhi oleh 1 (satu) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kandangan. Saluran Made dipengaruhi oleh 1 (satu) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kandangan. Saluran Primer Kedurus dipengaruhi oleh 2 (dua) stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kandangan dan stasiun hujan Kebon Agung.

Data curah hujan selama 20 tahun (1997-2016) yang digunakan adalah data curah hujan dari stasiun pengamatan hujan yang berpengaruh yaitu dari stasiun hujan Gunungsari, stasiun hujan Kandangan, stasiun hujan Simo dan stasiun hujan Kebon Agung.. Data curah hujan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Contoh data hujan Saluran Gunungsari tahun 2016

Tahun 2016	Stasiun hujan (mm)		
	Gunungsari	Kandangan	Simo
Januari	26	39	31
Februari	76	75	75
Maret	31	27	31
April	36	74	76
Mei	87	120	86
Juni	13	26	26
Juli	19	28	26
Agustus	10	18	19
September	38	22	25
Oktober	84	72	76
November	53	56	71
Desember	94	60	62

(Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Surabaya dan Stasiun Meteorologi Perak I Surabaya)

Tabel 4. 2 Luas daerah pengaruh stasiun hujan

Nama Sta. Hujan	Luas (km <sup>2</sup> )
Gunungsari	47.8
Kandangan	11.7
Simo	14.5
Total	74

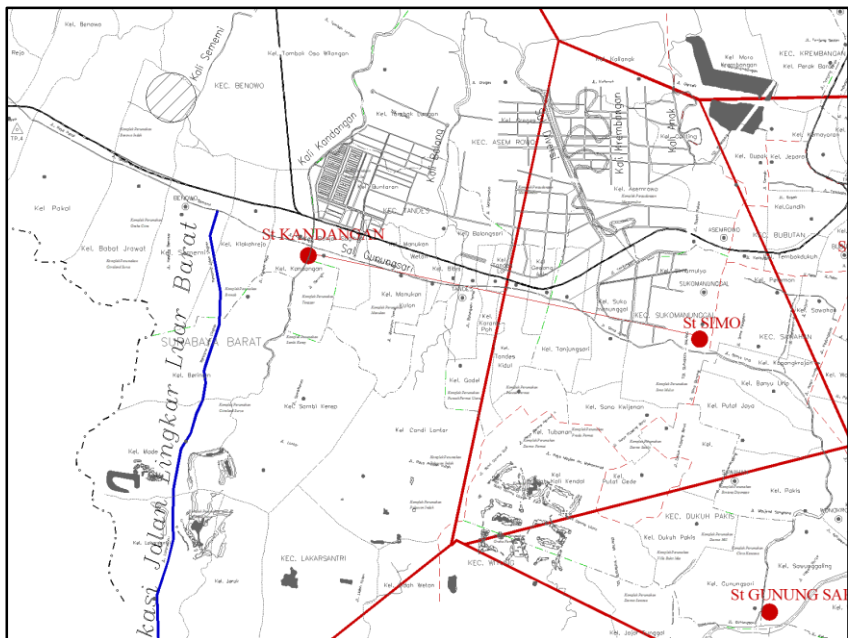
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Curah hujan rencana merupakan besaran curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit banjir untuk setiap periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan.

Analisa untuk menentukan besaran hujan harian rata-rata menggunakan cara metode Poligon Thiessen dari 3 (tiga) stasiun hujan dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4

*Perhitungan curah hujan harian pada tahun 2016:*

$$\begin{aligned} X &= \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + A_n} \\ &= \frac{47,8 \cdot 26 + 11,7 \cdot 39 + 14,5 \cdot 31}{47,8 + 11,7 + 14,5} \\ &= 35,38 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 1 Poligon Thiessen untuk stasiun hujan Kandangan, Simo, dan Gunungsari yang berpengaruh pada Saluran Primer Gunungsari

Tabel 4. 3 Perhitungan hujan harian rata-rata Saluran Gunungsari tahun 2016

Tahun 2016	Stasiun hujan (mm)			Hujan
	Gunungsari	Kandangan	Simo	harian (X) mm
Januari	26	39	31	35.38
Februari	76	75	75	75.16
Maret	31	27	31	28.42
April	36	74	76	68.38
Mei	87	120	86	108.12
Juni	13	26	26	23.94
Juli	19	28	26	26.19
Agustus	10	18	19	16.93
September	38	22	25	25.12
Oktober	84	72	76	74.68
November	53	56	71	58.46
Desember	94	60	62	65.77

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 4 Rekapitulasi perhitungan hujan harian untuk Saluran Gunungsari

No	Tahun	CH max
1	1997	76.20
2	1998	55.89
3	1999	65.28
4	2000	86.34
5	2001	120.12
6	2002	176.74
7	2003	110.06
8	2004	86.12
9	2005	90.63
10	2006	106.23
11	2007	76.73
12	2008	100.42
13	2009	82.39
14	2010	110.39
15	2011	83.57
16	2012	80.17
17	2013	55.88
18	2014	63.55
19	2015	60.93
20	2016	108.12

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, Saluran Lakarsantri, dan Saluran tepi jalan hanya mengambil data hujan harian yang paling maksimal karena hanya dipengaruhi oleh stasiun hujan Kandangan.



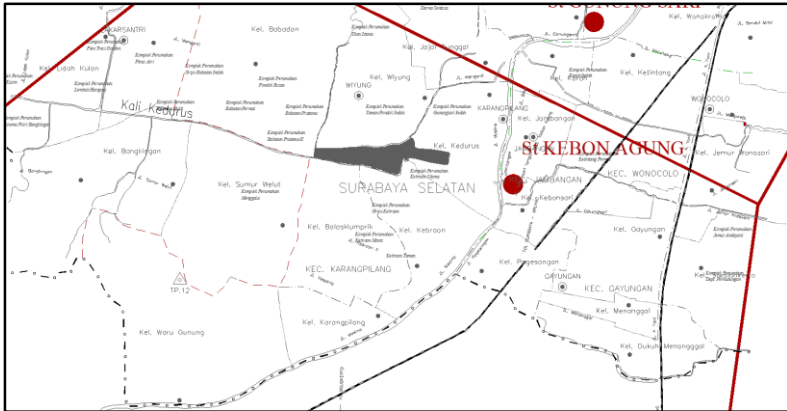


Tabel 4. 5 Rekapitulasi hujan harian untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, Saluran Lakarsantri, dan Saluran Tepi Jalan

No	Tahun	CH max
1	1997	73.00
2	1998	73.00
3	1999	95.00
4	2000	110.00
5	2001	124.00
6	2002	205.00
7	2003	117.00
8	2004	79.00
9	2005	90.00
10	2006	130.00
11	2007	97.00
12	2008	120.00
13	2009	78.00
14	2010	127.00
15	2011	79.00
16	2012	82.00
17	2013	75.00
18	2014	81.00
19	2015	76.00
20	2016	120.00

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Untuk Saluran Kedurus menggunakan metode rerata aritmatik karena hanya dipengaruhi oleh 2 stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Kandangan dan stasiun hujan Kebon Agung.



Gambar 4. 3 Stasiun hujan Kebon Agung yang berpengaruh pada Kali Kedurus

Tabel 4. 6 Rekapitulasi hujan harian untuk Saluran Kedurus dengan metode rerata aljabar

No	Tahun	CH max
1	1997	67.50
2	1998	64.00
3	1999	77.50
4	2000	77.00
5	2001	113.50
6	2002	155.00
7	2003	82.00
8	2004	77.00
9	2005	76.00
10	2006	84.50
11	2007	86.50
12	2008	71.00
13	2009	77.00
14	2010	118.00
15	2011	88.00
16	2012	89.50
17	2013	61.00
18	2014	72.50
19	2015	62.00
20	2016	103.50

(Sumber: Hasil Perhitungan)

## 4.2 Analisa Distribusi Frekuensi

Tujuan dari perhitungan curah hujan harian maksimum adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Sebelum menentukan metode apa yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana terlebih dahulu dilakukan analisa frekuensi terhadap data curah hujan.

### 4.2.1 Perhitungan Metode Distribusi Log Pearson Type III

Metode Log Person Type III didasarkan pada perubahan data yang ada dalam bentuk logaritma. Distribusi ini digunakan karena fleksibilitasnya.

#### 4.2.1.1 Perhitungan Metode Distribusi Log Pearson untuk Saluran Gunungsari

Perhitungan Parameter Log Pearson Type III

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{38,83}{20}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 1,94$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[ \frac{0,3}{20-1} \right]}$$

$$S = 0,13$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^4$$

$$Ck = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3) \times 0,13^4} \times 0,01$$

$$Ck = 3,79$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \text{Log} \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{20}{(20-1)(20-2) \times 0,13^3} \times -0,01$$

$$Cs = 0,34$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log} \bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,13}{1,94}$$

$$Cv = 0,06$$

Tabel 4. 7 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III  
Saluran Gunungsari

Xi (rank)	Log Xi	$\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$
176.74	2.25	0.31	0.093	0.02854	0.0087218143621
120.12	2.08	0.14	0.019	0.00262	0.0003614069626
110.39	2.04	0.10	0.010	0.00104	0.0001048610958
110.06	2.04	0.10	0.010	0.00100	0.0000995746946
108.12	2.03	0.09	0.008	0.00078	0.0000721703742
106.23	2.03	0.08	0.007	0.00060	0.0000510101492
101.96	2.01	0.07	0.004	0.00030	0.0000197852902
100.42	2.00	0.06	0.004	0.00022	0.0000130329127
90.63	1.96	0.02	0.000	0.00000	0.0000000582578
86.34	1.94	-0.01	0.000	0.00000	0.0000000009311
86.12	1.94	-0.01	0.000	0.00000	0.0000000019345
83.57	1.92	-0.02	0.000	-0.00001	0.0000001501740
82.39	1.92	-0.03	0.001	-0.00002	0.0000004473166
80.17	1.90	-0.04	0.001	-0.00005	0.0000020252401
76.73	1.88	-0.06	0.003	-0.00018	0.0000103872422
65.28	1.81	-0.13	0.016	-0.00205	0.0002597831594
63.55	1.80	-0.14	0.019	-0.00266	0.0003692404032
60.93	1.78	-0.16	0.025	-0.00386	0.0006061012981
55.89	1.75	-0.19	0.038	-0.00735	0.0014282425851
55.88	1.75	-0.19	0.038	-0.00736	0.0014305277152
Jumlah	38.83	0.00	0.30	0.01	0.01
Rata-rata		1.94			
Standard deviasi		0.13			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan  $C_s = 0,34$  maka harga  $k$  diperoleh seperti pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan  $C_s=0,34$

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,82
10	1,31

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.9.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,94 + (0,82 \times 0,13) \\
 &= 2,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,94 + (1,31 \times 0,13) \\
 &= 2,11
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 9 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III

Periode Ulang (tahun)	$X_r$	k	Log R	R
5	1,94	0,82	2,04	110,78
10	1,94	1,31	2,11	127,72

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.2.1.2 Perhitungan Metode Log Pearson Type III untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, dan Saluran Lakarsantri

##### Perhitungan Parameter Log Pearson Type III

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{39,91}{20}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 2,00$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[ \frac{0,25}{20-1} \right]}$$

$$S = 0,11$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3) \times 0,11^4} \times 0,01$$

$$C_k = 4,68$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{20}{(20-1)(20-2) \times 0,11^3} \times 0,03$$

$$C_s = 1,07$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$C_v = \frac{S}{\text{Log } \bar{X}}$$

$$C_v = \frac{0,11}{2,00}$$

$$C_v = 0,06$$



Tabel 4. 10 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, dan Saluran Lakarsantri

Xi (rank)	Log Xi	$\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$
205.00	2.311754	0.32	0.100	0.03168	0.010022738
130.00	2.113943	0.12	0.014	0.00167	0.000197830
127.00	2.103804	0.11	0.012	0.00128	0.000138367
124.00	2.093422	0.10	0.010	0.00094	0.000092520
120.00	2.079181	0.08	0.007	0.00059	0.000049397
120.00	2.079181	0.08	0.007	0.00059	0.000049397
117.00	2.068186	0.07	0.005	0.00039	0.000028149
110.00	2.041393	0.05	0.002	0.00010	0.000004495
97.00	1.986772	-0.01	0.000	0.00000	0.000000005
95.00	1.977724	-0.02	0.000	-0.00001	0.000000096
93.00	1.968483	-0.03	0.001	-0.00002	0.000000521
90.00	1.954243	-0.04	0.002	-0.00007	0.000002855
82.00	1.913814	-0.08	0.007	-0.00054	0.000044190
81.00	1.908485	-0.09	0.008	-0.00066	0.000056926
79.00	1.897627	-0.10	0.010	-0.00093	0.000091185
79.00	1.897627	-0.10	0.010	-0.00093	0.000091185
78.00	1.892095	-0.10	0.011	-0.00110	0.000113656
76.00	1.880814	-0.11	0.013	-0.00150	0.000172076
75.00	1.875061	-0.12	0.014	-0.00174	0.000209339
73.00	1.863323	-0.13	0.017	-0.00230	0.000303813
Jumlah	39.91	0.00	0.25	0.03	0.01
Rata-rata		2.00			
Standard deviasi		0.11			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan  $C_s = 1,07$  maka harga  $k$  diperoleh seperti pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan  $C_s=1,07$

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,75
10	1,34

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.12.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 2,00 + (0,75 \times 0,11) \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 2,00 + (1,34 \times 0,11) \\
 &= 2,15
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III

Periode Ulang (tahun)	$X_r$	k	Log R	R
5	2,00	0,75	2,08	120,52
10	2,00	1,34	2,15	140,83

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.2.1.3 Perhitungan Metode Log Pearson Type III untuk Kali Kedurus

##### Perhitungan Parameter Log Pearson Type III

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{38,36}{20}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 1,92$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[ \frac{0,20}{20-1} \right]}$$

$$S = 0,10$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3) \times 0,10^4} \times 0,01$$

$$C_k = 4,78$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{20}{(20-1)(20-2) \times 0,10^3} \times 0,02$$

$$C_s = 1,14$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log}\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,10}{1,92}$$

$$Cv = 0,05$$

Tabel 4. 13 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III  
Kali Kedurus

Xi (rank)	Log Xi	$\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$
155.00	2.190332	0.27	0.074	0.02019	0.005498235
118.00	2.071882	0.15	0.024	0.00364	0.000560340
113.50	2.054996	0.14	0.019	0.00257	0.000351960
103.50	2.01494	0.10	0.009	0.00091	0.000088215
89.50	1.951823	0.03	0.001	0.00004	0.000001305
88.00	1.944483	0.03	0.001	0.00002	0.000000490
86.50	1.937016	0.02	0.000	0.00001	0.000000130
84.50	1.926857	0.01	0.000	0.00000	0.000000006
82.00	1.913814	0.00	0.000	0.00000	0.000000000
77.50	1.889302	-0.03	0.001	-0.00002	0.000000681
77.00	1.886491	-0.03	0.001	-0.00003	0.000000989
77.00	1.886491	-0.03	0.001	-0.00003	0.000000989
77.00	1.886491	-0.03	0.001	-0.00003	0.000000989
76.00	1.880814	-0.04	0.001	-0.00005	0.000001918
72.50	1.860338	-0.06	0.003	-0.00019	0.000011075
71.00	1.851258	-0.07	0.004	-0.00030	0.000019874
67.50	1.829304	-0.09	0.008	-0.00070	0.000061964
64.00	1.80618	-0.11	0.013	-0.00140	0.000156492
62.00	1.792392	-0.13	0.016	-0.00198	0.000249139
61.00	1.78533	-0.13	0.018	-0.00234	0.000310057
Jumlah	38.36	0.00	0.20	0.02	0.01
Rata-rata		1.92			
Standard deviasi		0.10			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan  $C_s = 1,14$  maka harga  $k$  diperoleh seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan  $C_s=1,14$

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,74
10	1,34

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.15.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,92 + (0,74 \times 0,10) \\
 &= 1,99
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 1,92 + (1,34 \times 0,10) \\
 &= 2,05
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III

Periode Ulang (tahun)	$X_r$	k	Log R	R
5	1,92	0,74	1,99	98,39
10	1,92	1,34	2,05	113,18

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.3.1.4 Perhitungan Metode Log Pearson Type III untuk Saluran Drainase Tepi Jalan

##### Perhitungan Parameter Log Pearson Type III

- Nilai Rata-rata

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{39,91}{20}$$

$$\text{Log}\bar{X} = 2,00$$

- Standart Deviasi

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]}$$

$$S = \sqrt{\left[ \frac{0,25}{20-1} \right]}$$

$$S = 0,11$$

- Perhitungan Koefisien Keruncingan (Ck)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3) \times 0,11^4} \times 0,01$$

$$C_k = 4,68$$

- Perhitungan Koefisien Kemencengan (Cs)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \times S^3} \times \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{20}{(20-1)(20-2) \times 0,11^3} \times 0,03$$

$$C_s = 1,07$$

- Perhitungan Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\text{Log}\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,11}{2,00}$$

$$Cv = 0,06$$



Tabel 4. 16 Perhitungan Parameter Distribusi Log Pearson Type III  
Saluran Drainase Jalan

Xi (rank)	Log Xi	$\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4$
205.00	2.311754	0.32	0.100	0.03168	0.010022738
130.00	2.113943	0.12	0.014	0.00167	0.000197830
127.00	2.103804	0.11	0.012	0.00128	0.000138367
124.00	2.093422	0.10	0.010	0.00094	0.000092520
120.00	2.079181	0.08	0.007	0.00059	0.000049397
120.00	2.079181	0.08	0.007	0.00059	0.000049397
117.00	2.068186	0.07	0.005	0.00039	0.000028149
110.00	2.041393	0.05	0.002	0.00010	0.000004495
97.00	1.986772	-0.01	0.000	0.00000	0.000000005
95.00	1.977724	-0.02	0.000	-0.00001	0.000000096
93.00	1.968483	-0.03	0.001	-0.00002	0.000000521
90.00	1.954243	-0.04	0.002	-0.00007	0.000002855
82.00	1.913814	-0.08	0.007	-0.00054	0.000044190
81.00	1.908485	-0.09	0.008	-0.00066	0.000056926
79.00	1.897627	-0.10	0.010	-0.00093	0.000091185
79.00	1.897627	-0.10	0.010	-0.00093	0.000091185
78.00	1.892095	-0.10	0.011	-0.00110	0.000113656
76.00	1.880814	-0.11	0.013	-0.00150	0.000172076
75.00	1.875061	-0.12	0.014	-0.00174	0.000209339
73.00	1.863323	-0.13	0.017	-0.00230	0.000303813
Jumlah	39.91	0.00	0.25	0.03	0.01
Rata-rata		2.00			
Standard deviasi		0.11			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dengan koefisien kemencengan  $C_s = 1,07$  maka harga  $k$  diperoleh seperti pada tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Nilai K untuk metode distribusi Log Pearson Type III dengan Cs=1,07

Periode Ulang (tahun)	k
5	0,75
10	1,34

(Sumber: Triatmodjo, 2008: 232-233)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.18.

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 2,00 + (0,75 \times 0,11) \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{X} + (k \times S) \\
 &= 2,00 + (1,34 \times 0,11) \\
 &= 2,15
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 18 Perhitungan hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson Type III

Periode Ulang (tahun)	Xr	k	Log R	R
5	2,00	0,75	2,08	120,52
10	2,00	1,34	2,15	140,83

(Sumber: Hasil Perhitungan)

### 4.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Dalam menentukan distribusi curah hujan yang dipakai, kita lakukan perhitungan uji kecocokan dengan menggunakan data hujan yang telah tersedia. Perhitungan uji kecocokan harus dilakukan karena masing-masing perhitungan distribusi hujan memiliki sifat statistik yang khas. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat mengakibatkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimated* maupun *under estimated*. Parameter uji kecocokan yang sering dipakai adalah metode Chi Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov

#### 4.3.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

##### 4.3.1.1 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Data Curah Hujan

##### Wilayah Saluran Gunungsari

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat:

Banyaknya data (n)	= 20
Taraf Signifikan	= 5%
Jumlah sub kelompok	= $1 + 1.33 \ln 20$
	= 4,98 ~ 5
Derajat kebebasan	= $G - R - 1$
	= $5 - 2 - 1 = 2$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang ( $P$ ) = 0,2 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup dapat dilihat pada tabel 4.19

Contoh perhitungan:

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 4,76\%$$

$$T = \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{4,76\%} = 21$$

Tabel 4. 19 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup

Urutan X (mm)	Log Xi	Peringkat	P(X)	T
176.74	2.25	1	4.76%	21.00
120.12	2.08	2	9.52%	10.50
110.39	2.04	3	14.29%	7.00
110.06	2.04	4	19.05%	5.25
108.12	2.03	5	23.81%	4.20
106.23	2.03	6	28.57%	3.50
101.96	2.01	7	33.33%	3.00
100.42	2.00	8	38.10%	2.63
90.63	1.96	9	42.86%	2.33
86.34	1.94	10	47.62%	2.10
86.12	1.94	11	52.38%	1.91
83.57	1.92	12	57.14%	1.75
82.39	1.92	13	61.90%	1.62
80.17	1.90	14	66.67%	1.50
76.73	1.88	15	71.43%	1.40
65.28	1.81	16	76.19%	1.31
63.55	1.80	17	80.95%	1.24
60.93	1.78	18	85.71%	1.17
55.89	1.75	19	90.48%	1.11
55.88	1.75	20	95.24%	1.05
Xrata-rata	1.94			
S	0.13			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
19.05%	0.88	2.05
38.10%	0.30	1.98
57.14%	-0.18	1.92
76.19%	-0.71	1.85

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 1,940$$

$$S = 0,13$$

$$k = \text{dengan rumus interpolasi dari tabel 4.21}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,94 + (0,88) \cdot 0,13 \\ &= 2,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,94 + (0,3) \cdot 0,13 \\ &= 1,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,94 + (-0,18) \cdot 0,13 \\ &= 1,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 1,94 + (-0,71) \cdot 0,13 \\ &= 1,85 \end{aligned}$$

Tabel 4. 21 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Peluang	k
0.999	-3.05
0.995	-2.58
0.99	-2.33
0.95	-1.64
0.9	-1.28
0.8	-0.84
0.75	-0.67
0.7	-0.52
0.6	-0.25
0.5	0
0.4	0.25
0.3	0.52
0.25	0.67
0.2	0.84
0.1	1.28
0.05	1.64
0.02	2.05
0.01	2.33
0.005	2.58
0.002	2.88
0.001	3.09

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

No	Nilai Batas		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>
1		$x \geq$	2.052	2	4	1
2	2.052	$<x \leq$	1.979	5	4	0.25
3	1.979	$<x \leq$	1.919	5	4	0.25
4	1.919	$<x \leq$	1.853	3	4	0.25
5		$x \leq$	1.853	5	4	0.25
Jumlah			20	20	8	2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK) : 2  
 Chi Kuadrat : 2,5  
 Derajat signifikan alpha : 5%  
 Tingkat kepercayaan : 95%  
 Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.8)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 2 dengan derajat kebebasan (dk)= 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain  $2 < 5,991$ , sehingga perhitungan dapat diterima.



#### 4.3.1.2 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Data Curah Hujan Wilayah Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, dan Saluran Lakarsantri

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat:

Banyaknya data (n) = 20

Taraf Signifikan = 5%

Jumlah sub kelompok =  $1 + 1.33 \ln 20$

= 4,98 ~ 5

Derajat kebebasan =  $G - R - 1$

=  $5 - 2 - 1 = 2$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang (P) = 0,2 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup dapat dilihat pada tabel 4.23

Contoh perhitungan:

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 4,76\%$$

$$T = \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{4,76\%} = 21$$

Tabel 4. 23 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup

Urutan X (mm)	Log Xi	Peringkat	Peluang	T
205.00	2.31	1	4.76%	21.00
130.00	2.11	2	9.52%	10.50
127.00	2.10	3	14.29%	7.00
124.00	2.09	4	19.05%	5.25
120.00	2.08	5	23.81%	4.20
120.00	2.08	6	28.57%	3.50
117.00	2.07	7	33.33%	3.00
110.00	2.04	8	38.10%	2.63
97.00	1.99	9	42.86%	2.33
95.00	1.98	10	47.62%	2.10
93.00	1.97	11	52.38%	1.91
90.00	1.95	12	57.14%	1.75
82.00	1.91	13	61.90%	1.62
81.00	1.91	14	66.67%	1.50
79.00	1.90	15	71.43%	1.40
79.00	1.90	16	76.19%	1.31
78.00	1.89	17	80.95%	1.24
76.00	1.88	18	85.71%	1.17
75.00	1.88	19	90.48%	1.11
73.00	1.86	20	95.24%	1.05
Xrata-rata	2.00			
S	0.114434			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
19.05%	0.88	2.10
38.10%	0.30	2.03
57.14%	-0.18	1.97
76.19%	-0.71	1.91

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 2$$

$$S = 0,114$$

$$k = \text{dengan rumus interpolasi dari tabel 4.25}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,88) \cdot 0,114 \\ &= 2,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,3) \cdot 0,114 \\ &= 2,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,18) \cdot 0,114 \\ &= 1,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,71) \cdot 0,114 \\ &= 1,91 \end{aligned}$$

Tabel 4. 25 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Peluang	k
0.999	-3.05
0.995	-2.58
0.99	-2.33
0.95	-1.64
0.9	-1.28
0.8	-0.84
0.75	-0.67
0.7	-0.52
0.6	-0.25
0.5	0
0.4	0.25
0.3	0.52
0.25	0.67
0.2	0.84
0.1	1.28
0.05	1.64
0.02	2.05
0.01	2.33
0.005	2.58
0.002	2.88
0.001	3.09

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

No	Nilai Batas		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>
1	x ≥	2.096	3	4	1	0.25
2	2.096 <x≤	2.029	5	4	1	0.25
3	2.029 <x≤	1.975	2	4	4	1
4	1.974 <x≤	1.914	3	4	1	0.25
5	x ≤	1.914	7	4	9	2.25
Jumlah			20	20	16	4

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK) : 2  
 Chi Kuadrat : 2,5  
 Derajat signifikan alpha : 5%  
 Tingkat kepercayaan : 95%  
 Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.8)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 4 dengan derajat kebebasan (dk)= 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain  $4 < 5,991$ , sehingga perhitungan dapat diterima.

#### 4.3.1.3 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Data Curah Hujan Wilayah Kali Kedurus

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat:

Banyaknya data (n) = 20

$$\begin{aligned}
 \text{Taraf Signifikan} &= 5\% \\
 \text{Jumlah sub kelompok} &= 1 + 1.33 \ln 20 \\
 &= 4,98 \sim 5 \\
 \text{Derajat kebebasan} &= G - R - I \\
 &= 5 - 2 - 1 = 2
 \end{aligned}$$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang ( $P$ ) = 0,2 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup dapat dilihat pada tabel 4.27

Contoh perhitungan:

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 4,76\%$$

$$T = \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{4,76\%} = 21$$

Tabel 4. 27 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup

Urutan X (mm)	Log Xi	Peringkat	Peluang	T
155.00	2.19	1	4.76%	21.00
118.00	2.07	2	9.52%	10.50
113.50	2.05	3	14.29%	7.00
103.50	2.01	4	19.05%	5.25
89.50	1.95	5	23.81%	4.20
88.00	1.94	6	28.57%	3.50
86.50	1.94	7	33.33%	3.00
84.50	1.93	8	38.10%	2.63
82.00	1.91	9	42.86%	2.33
77.50	1.89	10	47.62%	2.10
77.00	1.89	11	52.38%	1.91
77.00	1.89	12	57.14%	1.75
77.00	1.89	13	61.90%	1.62
76.00	1.88	14	66.67%	1.50
72.50	1.86	15	71.43%	1.40
71.00	1.85	16	76.19%	1.31
67.50	1.83	17	80.95%	1.24
64.00	1.81	18	85.71%	1.17
62.00	1.79	19	90.48%	1.11
61.00	1.79	20	95.24%	1.05
Xrata- rata	1.92			
S	0.10			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
19.05%	0.88	2.01
38.10%	0.30	1.95
57.14%	-0.18	1.90
76.19%	-0.71	1.85

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 1.92$$

$$S = 0,10$$

$$k = \text{dengan rumus interpolasi dari tabel 4.29}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,88) \cdot 0,1 \\ &= 2,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,3) \cdot 0,1 \\ &= 1.95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,18) \cdot 0,1 \\ &= 1,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,71) \cdot 0,1 \\ &= 1,85 \end{aligned}$$



Tabel 4. 29 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Peluang	k
0.999	-3.05
0.995	-2.58
0.99	-2.33
0.95	-1.64
0.9	-1.28
0.8	-0.84
0.75	-0.67
0.7	-0.52
0.6	-0.25
0.5	0
0.4	0.25
0.3	0.52
0.25	0.67
0.2	0.84
0.1	1.28
0.05	1.64
0.02	2.05
0.01	2.33
0.005	2.58
0.002	2.88
0.001	3.09

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

No	Nilai Batas	Oi	Ei	(Oi-Ei) <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>
1	$x \geq$	2.007	4	4	0
2	2.007 $<x \leq$	1.948	1	4	9
3	1.948 $<x \leq$	1.899	4	4	0
4	1.899 $<x \leq$	1.846	7	4	9
5	$x \leq$	1.846	4	4	0
Jumlah		20	20	18	4.5

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK) : 2  
 Chi Kuadrat : 2,5  
 Derajat signifikan alpha : 5%  
 Tingkat kepercayaan : 95%  
 Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.8)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 4,5 dengan derajat kebebasan (dk)= 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain  $4,5 < 5,991$ , sehingga perhitungan dapat diterima.

#### 4.3.1.4 Uji Kecocokan Chi-Kuadrat Data Curah Hujan

##### Wilayah Saluran Drainase Tepi Jalan

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Hasil interpretasinya :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2. Peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada di antara 1% - 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, maka perlu ditambah data.

Perhitungan Chi-Kuadrat:

Banyaknya data (n) = 20  
 Taraf Signifikan = 5%  
 Jumlah sub kelompok =  $1 + 1.33 \ln 20$   
 = 4,98 ~ 5

$$\begin{aligned}\text{Derajat kebebasan} &= G - R - I \\ &= 5 - 2 - 1 = 2\end{aligned}$$

- Uji Chi Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson Type III

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub grup dengan interval peluang ( $P$ ) = 0,2 dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Type III.

Besarnya peluang untuk tiap sub-grup dapat dilihat pada tabel 4.23

Contoh perhitungan:

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 4,76\%$$

$$T = \frac{1}{P(X)} = \frac{1}{4,76\%} = 21$$

Tabel 4. 31 Perhitungan Besar Peluang untuk tiap Sub-grup

Urutan X (mm)	Log Xi	Peringkat	Peluang	T
205.00	2.31	1	4.76%	21.00
130.00	2.11	2	9.52%	10.50
127.00	2.10	3	14.29%	7.00
124.00	2.09	4	19.05%	5.25
120.00	2.08	5	23.81%	4.20
120.00	2.08	6	28.57%	3.50
117.00	2.07	7	33.33%	3.00
110.00	2.04	8	38.10%	2.63
97.00	1.99	9	42.86%	2.33
95.00	1.98	10	47.62%	2.10
93.00	1.97	11	52.38%	1.91
90.00	1.95	12	57.14%	1.75
82.00	1.91	13	61.90%	1.62
81.00	1.91	14	66.67%	1.50
79.00	1.90	15	71.43%	1.40
79.00	1.90	16	76.19%	1.31
78.00	1.89	17	80.95%	1.24
76.00	1.88	18	85.71%	1.17
75.00	1.88	19	90.48%	1.11
73.00	1.86	20	95.24%	1.05
Xrata-rata	2.00			
S	0.114434			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pembagian sub grup peluang dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Pembagian sub grup

Peluang	k	Xt
19.05%	0.88	2.10
38.10%	0.30	2.03
57.14%	-0.18	1.97
76.19%	-0.71	1.91

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui :

$$\text{Log } \bar{X} = 2$$

$$S = 0,114$$

$$k = \text{dengan rumus interpolasi dari tabel 4.33}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,88) \cdot 0,114 \\ &= 2,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (0,3) \cdot 0,114 \\ &= 2,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,18) \cdot 0,114 \\ &= 1,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \log \bar{X} + k \cdot S \\ &= 2 + (-0,71) \cdot 0,114 \\ &= 1,91 \end{aligned}$$

Tabel 4. 33 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Peluang	k
0.999	-3.05
0.995	-2.58
0.99	-2.33
0.95	-1.64
0.9	-1.28
0.8	-0.84
0.75	-0.67
0.7	-0.52
0.6	-0.25
0.5	0
0.4	0.25
0.3	0.52
0.25	0.67
0.2	0.84
0.1	1.28
0.05	1.64
0.02	2.05
0.01	2.33
0.005	2.58
0.002	2.88
0.001	3.09

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4. 34 Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat untuk metode distribusi Log Pearson Type III

No	Nilai Batas		O <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	
1		x ≥	2.096	3	4	1	0.25
2	2.096	<x≤	2.029	5	4	1	0.25
3	2.029	<x≤	1.975	2	4	4	1
4	1.974	<x≤	1.914	3	4	1	0.25
5		x ≤	1.914	7	4	9	2.25
Jumlah			20	20	16	4	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Derajat kebebasan (DK) : 2  
 Chi Kuadrat : 2,5  
 Derajat signifikan alpha : 5%  
 Tingkat kepercayaan : 95%  
 Chi Kritis : 5,991 (lihat tabel 2.8)

Dari perhitungan Chi Kuadrat diatas, diperoleh nilai 4 dengan derajat kebebasan (dk)= 2 diperoleh nilai chi kuadrat sebesar 5,991, dengan kata lain  $4 < 5,991$ , sehingga perhitungan dapat diterima.

### 4.3.2 Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov atau biasa disebut uji kecocokan non parametik (*non-parametric test*) karena cara pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

#### 4.3.2.1 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log

Pearson Type III untuk Saluran Gunungsari

Tabel 4. 35 Hasil perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov Log Pearson Type III

No	X	Log X	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
				1-P(x)			1-P'(x)	
1	176.74	2.25	0.05	0.95	2.44	0.05	0.95	0.01
2	120.12	2.08	0.10	0.90	1.10	0.11	0.89	0.01
3	110.39	2.04	0.14	0.86	0.81	0.16	0.84	0.02
4	110.06	2.04	0.19	0.81	0.80	0.21	0.79	0.02
5	108.12	2.03	0.24	0.76	0.74	0.26	0.74	0.03
6	106.23	2.03	0.29	0.71	0.67	0.32	0.68	0.03
7	101.96	2.01	0.33	0.67	0.53	0.37	0.63	0.04
8	100.42	2.00	0.38	0.62	0.48	0.42	0.58	0.04
9	90.63	1.96	0.43	0.57	0.12	0.47	0.53	0.05
10	86.34	1.94	0.48	0.52	-0.04	0.53	0.47	0.05
11	86.12	1.94	0.52	0.48	-0.05	0.58	0.42	0.06
12	83.57	1.92	0.57	0.43	-0.16	0.63	0.37	0.06
13	82.39	1.92	0.62	0.38	-0.21	0.68	0.32	0.07
14	80.17	1.90	0.67	0.33	-0.30	0.74	0.26	0.07
15	76.73	1.88	0.71	0.29	-0.45	0.79	0.21	0.08
16	65.28	1.81	0.76	0.24	-1.01	0.84	0.16	0.08
17	63.55	1.80	0.81	0.19	-1.11	0.89	0.11	0.09
18	60.93	1.78	0.86	0.14	-1.25	0.95	0.05	0.09
19	55.89	1.75	0.90	0.10	-1.55	1.00	0.00	0.10
20	55.88	1.75	0.95	0.05	-1.55	1.05	-0.05	0.10

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Log X rata-rata = 1,94

S = 0,13



Dari perhitungan pada tabel 4.35 didapatkan:

$$D_{\max} = 0,12$$

$D_0 = 0,29$  (diperoleh dari tabel nilai kritis  $D_0$  untuk derajat kepercayaan 5% dan  $n = 20$ )

Syarat  $D_{\max} < D_0 \Rightarrow 0,12 < 0,29$ , maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.14:

- Perhitungan  $P(X)$  = peluang dengan  $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 0,047$$

- Untuk perhitungan  $P(X <)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,047 = 0,953 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $f(t)$  dengan  $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,25 - 1,94}{0,13} = 2,44$$

- Perhitungan  $P'(X)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X) &= 1 - P(X <) \\ P'(X) &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $D$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P(X <) \\ &= 0,952 - 0,947 = 0,01 \end{aligned}$$

4.3.2.2 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log  
Pearson Type III untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran  
Citra Raya, Saluran Made, dan Saluran Lakarsantri

Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogrov  
Log Pearson Type III

No	X	Log X	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
				1-P(x)			1-P'(x)	
1	205.00	2.31	0.05	0.95	2.76	0.05	0.95	0.01
2	130.00	2.11	0.10	0.90	1.04	0.11	0.89	0.01
3	127.00	2.10	0.14	0.86	0.95	0.16	0.84	0.02
4	124.00	2.09	0.19	0.81	0.86	0.21	0.79	0.02
5	120.00	2.08	0.24	0.76	0.73	0.26	0.74	0.03
6	120.00	2.08	0.29	0.71	0.73	0.32	0.68	0.03
7	117.00	2.07	0.33	0.67	0.64	0.37	0.63	0.04
8	110.00	2.04	0.38	0.62	0.40	0.42	0.58	0.04
9	97.00	1.99	0.43	0.57	-0.07	0.47	0.53	0.05
10	95.00	1.98	0.48	0.52	-0.15	0.53	0.47	0.05
11	93.00	1.97	0.52	0.48	-0.23	0.58	0.42	0.06
12	90.00	1.95	0.57	0.43	-0.36	0.63	0.37	0.06
13	82.00	1.91	0.62	0.38	-0.71	0.68	0.32	0.07
14	81.00	1.91	0.67	0.33	-0.76	0.74	0.26	0.07
15	79.00	1.90	0.71	0.29	-0.85	0.79	0.21	0.08
16	79.00	1.90	0.76	0.24	-0.85	0.84	0.16	0.08
17	78.00	1.89	0.81	0.19	-0.90	0.89	0.11	0.09
18	76.00	1.88	0.86	0.14	-1.00	0.95	0.05	0.09
19	75.00	1.88	0.90	0.10	-1.05	1.00	0.00	0.10
20	73.00	1.86	0.95	0.05	-1.15	1.05	-0.05	0.10

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Log X rata-rata = 2

S = 0,11

Dari perhitungan pada tabel 4.36 didapatkan:

$$D_{\max} = 0,1$$

$D_0 = 0,29$  (diperoleh dari tabel nilai kritis  $D_0$  untuk derajat kepercayaan 5% dan  $n = 20$ )

Syarat  $D_{\max} < D_0 \Rightarrow 0,1 < 0,29$ , maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.36:

- Perhitungan  $P(X)$  = peluang dengan  $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 0,05$$

- Untuk perhitungan  $P(X <)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $f(t)$  dengan  $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,31 - 2}{0,13} = 2,76$$

- Perhitungan  $P'(X)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X) &= 1 - P(X <) \\ P'(X) &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $D$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P(X <) \\ &= 0,952 - 0,947 = 0,01 \end{aligned}$$

4.3.2.3 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log  
Pearson Type III untuk Kali Kedurus

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-  
Kolmogorov Log Pearson Type III

No	X	Log X	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
				1-P(x)			1-P'(x)	
1	155.00	2.19	0.05	0.95	2.69	0.05	0.95	0.01
2	118.00	2.07	0.10	0.90	1.52	0.11	0.89	0.01
3	113.50	2.05	0.14	0.86	1.35	0.16	0.84	0.02
4	103.50	2.01	0.19	0.81	0.96	0.21	0.79	0.02
5	89.50	1.95	0.24	0.76	0.33	0.26	0.74	0.03
6	88.00	1.94	0.29	0.71	0.26	0.32	0.68	0.03
7	86.50	1.94	0.33	0.67	0.19	0.37	0.63	0.04
8	84.50	1.93	0.38	0.62	0.09	0.42	0.58	0.04
9	82.00	1.91	0.43	0.57	-0.04	0.47	0.53	0.05
10	77.50	1.89	0.48	0.52	-0.28	0.53	0.47	0.05
11	77.00	1.89	0.52	0.48	-0.31	0.58	0.42	0.06
12	77.00	1.89	0.57	0.43	-0.31	0.63	0.37	0.06
13	77.00	1.89	0.62	0.38	-0.31	0.68	0.32	0.07
14	76.00	1.88	0.67	0.33	-0.37	0.74	0.26	0.07
15	72.50	1.86	0.71	0.29	-0.57	0.79	0.21	0.08
16	71.00	1.85	0.76	0.24	-0.66	0.84	0.16	0.08
17	67.50	1.83	0.81	0.19	-0.88	0.89	0.11	0.09
18	64.00	1.81	0.86	0.14	-1.10	0.95	0.05	0.09
19	62.00	1.79	0.90	0.10	-1.24	1.00	0.00	0.10
20	61.00	1.79	0.95	0.05	-1.31	1.05	-0.05	0.10

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Log X rata-rata = 1,92

S = 0,1

Dari perhitungan pada tabel 4.36 didapatkan:

Dmax = 0,1

$D_0 = 0,29$  (diperoleh dari tabel nilai kritis  $D_0$  untuk derajat kepercayaan 5% dan  $n = 20$ )

Syarat  $D_{\max} < D_0 \Rightarrow 0,1 < 0,29$ , maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.36:

- Perhitungan  $P(X)$  = peluang dengan  $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 0,05$$

- Untuk perhitungan  $P(X <)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $f(t)$  dengan  $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,19 - 1,92}{0,13} = 2,69$$

- Perhitungan  $P'(X)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X) &= 1 - P(X <) \\ P'(X) &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $D$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P(X <) \\ &= 0,952 - 0,947 = 0,01 \end{aligned}$$

4.3.2.4 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log  
 Pearson Type III untuk Saluran Drainase Tepi Jalan  
 Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Smirnov-  
 Kolmogorov Log Pearson Type III

No	X	Log X	P(x)	P(x<)	f(t)	P'(x)	P'(x<)	D
				1-P(x)			1-P'(x)	
1	205.00	2.31	0.05	0.95	2.76	0.05	0.95	0.01
2	130.00	2.11	0.10	0.90	1.04	0.11	0.89	0.01
3	127.00	2.10	0.14	0.86	0.95	0.16	0.84	0.02
4	124.00	2.09	0.19	0.81	0.86	0.21	0.79	0.02
5	120.00	2.08	0.24	0.76	0.73	0.26	0.74	0.03
6	120.00	2.08	0.29	0.71	0.73	0.32	0.68	0.03
7	117.00	2.07	0.33	0.67	0.64	0.37	0.63	0.04
8	110.00	2.04	0.38	0.62	0.40	0.42	0.58	0.04
9	97.00	1.99	0.43	0.57	-0.07	0.47	0.53	0.05
10	95.00	1.98	0.48	0.52	-0.15	0.53	0.47	0.05
11	93.00	1.97	0.52	0.48	-0.23	0.58	0.42	0.06
12	90.00	1.95	0.57	0.43	-0.36	0.63	0.37	0.06
13	82.00	1.91	0.62	0.38	-0.71	0.68	0.32	0.07
14	81.00	1.91	0.67	0.33	-0.76	0.74	0.26	0.07
15	79.00	1.90	0.71	0.29	-0.85	0.79	0.21	0.08
16	79.00	1.90	0.76	0.24	-0.85	0.84	0.16	0.08
17	78.00	1.89	0.81	0.19	-0.90	0.89	0.11	0.09
18	76.00	1.88	0.86	0.14	-1.00	0.95	0.05	0.09
19	75.00	1.88	0.90	0.10	-1.05	1.00	0.00	0.10
20	73.00	1.86	0.95	0.05	-1.15	1.05	-0.05	0.10

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Log X rata-rata = 2

S = 0,11

Dari perhitungan pada tabel 4.36 didapatkan:

Dmax = 0,1

$D_0 = 0,29$  (diperoleh dari tabel nilai kritis  $D_0$  untuk derajat kepercayaan 5% dan  $n = 20$ )

Syarat  $D_{\max} < D_0 \Rightarrow 0,1 < 0,29$ , maka persamaan distribusi Log Pearson Type III dapat diterima.

Contoh Perhitungan untuk tabel 4.36:

- Perhitungan  $P(X)$  = peluang dengan  $m = 1$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{20+1} = 0,05$$

- Untuk perhitungan  $P(X <)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P(X <) &= 1 - P(X) \\ &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $f(t)$  dengan  $m = 1$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{S} = \frac{2,31 - 2}{0,13} = 2,76$$

- Perhitungan  $P'(X)$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} P'(X) &= 1 - P(X <) \\ P'(X) &= 1 - 0,05 = 0,95 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $D$  dengan  $m = 1$

$$\begin{aligned} D &= P'(X <) - P(X <) \\ &= 0,952 - 0,947 = 0,01 \end{aligned}$$

#### 4.4 Analisis Waktu Konsentrasi

Waktu konsentasi DAS adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan.

##### 4.4.1 Waktu Konsentrasi untuk Saluran yang terpotong jalan

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus Bayern:

$$t_c = \frac{L}{W} \left( \frac{km}{jam} \right)$$

$$W = 72 \times \left( \frac{H}{L} \right)^{0,6} km/jam$$

Dengan:

L = panjang sungai

W = kecepatan aliran

H = beda tinggi / elevasi antara titik terjauh di daerah pengaliran dengan titik yang ditinjau (m)

Contoh perhitungan untuk saluran gunungsari:

Diketahui :

$$H = 1,531 \text{ m}$$

$$L = 2,659 \text{ km} = 2659 \text{ m}$$

$$W = 0,82 \text{ km/jam}$$

$$W = 72 \times \left( \frac{1,531}{2659} \right)^{0,6}$$

$$= 0,82 \text{ km/jam}$$

$$t_c = \frac{2,659}{0,82} \left( \frac{km}{jam} \right)$$

$$= 3,245 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan saluran yang lain dapat dilihat pada tabel 4.39



Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan tc Saluran yang terpotong jalan

Nama saluran	H	L		W	tc
	(m)	(km)	(m)	(km/jam)	(jam)
Gunungsari	1.531	2.659	2659	0.82	3.245
Sememi					
Selatan	6.265	3.06	3060	1.754	1.744
Made	4.455	2.176	2176	1.754	1.241
Citra Raya	5.975	2.876	2876	1.770	1.625
Lakarsantri	4.819	2.657	2657	1.631	1.629
Kedurus	12.66	7.077	7077	1.618	4.375

(Sumber: Hasil Perhitungan)

## 4.4.2 Waktu Konsentrasi untuk Saluran Drainase Tepi Jalan

Lingkar Luar Barat

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus Kerby:

$$t_0 = 1,44 \times \left( nd \times \frac{L_0}{\sqrt{S}} \right)$$

$$t_f = \frac{L}{v}$$

$$t_c = t_0 + t_f$$

Dengan :

to = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan menuju ke inlet

tf = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di sepanjang saluran

nd = koefisien kekasaran

Lo = jarak titik terjauh ke inlet (m)

L = panjang saluran (m)

V = kecepatan aliran (m/det)

Untuk perhitungan waktu konsentrasi pada saluran drainase jalan dapat dilihat pada tabel 4.40 dan tabel 4.41

Tabel 4. 40 Perhitungan tc untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat

Nama STA / saluran	Jenis Lahan	nd	Waktu Pengaliran Lahan			Waktu Pengaliran di saluran				tc (menit)
			Lo (m)	S	to (menit)	to max	L (m)	v (m/det)	tf (menit)	
STA 4+000 - 5+150	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	659	0.0003	0.733	0.733	1150	1	19.17	0.33
STA 5+150 - 5+800	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	985	0.0004	0.826	0.826	650	1	10.83	0.19
STA 5+800 - 6+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	582.8	0.0003	0.673	0.673	850	1	14.17	0.25
STA 6+650 - 7+050	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	454.3	0.0011	0.967	0.967	400	1	6.67	0.13
STA 7+050 - 7+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	762.3	0.0004	0.739	0.739	600	1	10	0.18
STA 7+650 - 8+350	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	548.4	0.0004	1.367	1.367	700	1	11.67	0.22
STA 8+350 - 8+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	612.4	0.0005	0.634	0.634	300	1	5	0.09

STA 8+650 - 9+350	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	548.4	0.0007	0.548	0.548	750	1	12.5	0.22
STA 9+350 - 9+450	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	712.5	0.0003	0.774	0.774	100	1	1.67	0.04
STA 9+450 - 9+600	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	825.6	0.0005	0.730	0.730	250	1	4.17	0.08
STA 9+600 - 10+000	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	689.4	0.0004	0.688	0.688	400	1	6.67	0.12
STA 10+000 - 10+825	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	706.2	0.0003	0.770	0.770	800	1	13.33	0.24
STA 10+825 - 11+502.94	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	415.6	0.0010	0.957	0.957	702.94	1	11.72	0.21

---

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 41 Perhitungan tc untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur

Nama STA / saluran	Jenis Lahan	nd	Waktu Pengaliran Lahan				Waktu Pengaliran di saluran			tc (menit)
			Lo (m)	S	to (menit)	to max	L (m)	v (m/det)	tf (menit)	
STA 4+000 - 5+150	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	625	0.0003	0.706	0.706	1150	1	19.17	0.33
STA 5+150 - 5+800	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	381.4	0.0010	0.425	0.425	650	1	10.83	0.19
STA 5+800 - 6+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	218.8	0.0009	0.339	0.339	850	1	14.17	0.24
STA 6+650 - 7+050	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	1177.5	0.0004	1.885	1.885	400	1	6.67	0.14
STA 7+050 - 7+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	367.8	0.0008	0.443	0.443	600	1	10	0.17
STA 7+650 - 8+350	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	630.5	0.0003	1.507	1.507	700	1	11.67	0.22
STA 8+350 - 8+650	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	208	0.0014	0.297	0.297	300	1	5	0.09
STA 8+650 - 9+350	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	997	0.0004	0.833	0.833	750	1	12.5	0.22

STA 9+350 - 9+450	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	653.3	0.0003	0.729	0.729	100	1	1.67	0.04
STA 9+450 - 9+600	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	1224.2	0.0003	0.962	0.962	250	1	4.17	0.09
STA 9+600 - 10+000	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	866.4	0.0003	0.808	0.808	400	1	6.67	0.12
STA 10+000 - 10+825	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.04	618.3	0.0003	0.701	0.701	800	1	13.33	0.23
STA 10+825 - 11+502.94	Jalan	0.02	27.25	0.02	0.045					
	Lahan	0.2	800.2	0.0005	1.515	1.515	702.94	1	11.72	0.22

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel 4.40 dan tabel 4.41, membandingkan tc dari lahan dan tc dari jalan. Tc terlama yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu tc lahan.

#### 4.5 Analisis Intensitas Hujan

Besar intensitas hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan. Karena data yang tersedia hanya data curah hujan harian saja, maka perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe, yaitu:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[ \frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

Dengan:

$I_t$  = Intensitas hujan dalam 1 jam (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan efektif dalam 1 jam

$T_c$  = Waktu konsentasi

#### Intensitas Hujan Periode 10 Tahun

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan curah hujan harian maksimum periode ulang 10 tahun metode Log Pearson Type III. Intensitas hujan 10 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 10 tahun yang digunakan untuk mendesain saluran drainase jalan lingkar luar barat Surabaya dan saluran yang terpotong jalan tersebut.

Contoh perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun untuk saluran drainase jalan lingkar luar barat Surabaya adalah sebagai berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[ \frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

$$I_t = \frac{140.83}{24} \times \left[ \frac{24}{0.116} \right]^{2/3}$$

$$I_t = 204.813 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4. 42 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran yang terpotong Jalan

Nama Saluran	tc (jam)	R10 (mm)	Intensitas hujan (mm/jam)
Gunungsari	3.25	127.72	97.03
Sememi Selatan	1.74	140.83	370.21
Made	1.24	140.83	732.07
Citra Raya	1.63	140.83	426.50
Lakarsantri	1.63	140.83	424.56
Kedurus	4.37	113.18	47.31

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 43 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat

Nama STA	tc (jam)	R10 (mm)	Intensitas hujan (mm/jam)
STA 4+000 - 5+150	0.332	140.83	101.896
STA 5+150 - 5+800	0.194	140.83	145.523
STA 5+800 - 6+650	0.247	140.83	123.913
STA 6+650 - 7+050	0.127	140.83	193.001
STA 7+050 - 7+650	0.179	140.83	153.731
STA 7+650 - 8+350	0.217	140.83	135.109
STA 8+350 - 8+650	0.094	140.83	236.340
STA 8+650 - 9+350	0.217	140.83	135.007
STA 9+350 - 9+450	0.041	140.83	412.738
STA 9+450 - 9+600	0.082	140.83	259.483
STA 9+600 - 10+000	0.123	140.83	197.850
STA 10+000 - 10+800	0.235	140.83	128.190
STA 10+800 - 11+502.94	0.211	140.83	137.659

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 44 Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 Tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur

Nama STA	tc (jam)	R10 (mm)	Intensitas hujan (mm/jam)
STA 4+000 - 5+150	0.331	140.83	101.988
STA 5+150 - 5+800	0.188	140.83	148.961
STA 5+800 - 6+650	0.242	140.83	125.808
STA 6+650 - 7+050	0.143	140.83	178.935
STA 7+050 - 7+650	0.174	140.83	156.615
STA 7+650 - 8+350	0.220	140.83	134.148
STA 8+350 - 8+650	0.088	140.83	246.237
STA 8+650 - 9+350	0.222	140.83	133.075
STA 9+350 - 9+450	0.040	140.83	417.965
STA 9+450 - 9+600	0.085	140.83	251.596
STA 9+600 - 10+000	0.125	140.83	195.736
STA 10+000 - 10+800	0.234	140.83	128.606
STA 10+800 - 11+502.94	0.221	140.83	133.764

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.6 Debit Rencana

- Perhitungan C (koefisien pengaliran) gabungan  
Koefisien pengaliran dipengaruhi oleh faktor luas lahan dan tutupan lahan yang berdampak pada infiltrasi. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$C_{gabungan} = \frac{\sum Ci \times Ai}{\sum Ai}$$

Keterangan:

Ci = koefisien pengaliran tutupan lahan i

Ai = luas lahan dengan penutupan lahan i

Hasil perhitungan Cgabungan dapat dilihat pada tabel 4.45 dan 4.46.



Tabel 4. 45 Perhitungan Cgabungan untuk Saluran Drainase Tepi  
Jalan Sisi Bagian Barat

Nama STA / saluran	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )			Atot	Cgabungan
	Pemukiman	Jalan	Lahan kosong		
	C = 0.40	C = 0.95	C = 0.10		
STA 4+000 - 5+150	0.219	0.008		0.227	0.420
STA 5+150 - 5+800	0.215	0.018		0.233	0.442
STA 5+800 - 6+650	0.164	0.023		0.187	0.469
STA 6+650 - 7+050	0.106	0.011		0.117	0.452
STA 7+050 - 7+650		0.017	0.581	0.598	0.123
STA 7+650 - 8+350		0.019	0.389	0.408	0.140
STA 8+350 - 8+650	0.093	0.008		0.101	0.445
STA 8+650 - 9+350	0.135	0.021		0.156	0.473
STA 9+350 - 9+450	0.03	0.003		0.033	0.446
STA 9+450 - 9+600	0.032	0.007		0.039	0.497
STA 9+600 - 10+000		0.011	0.393	0.404	0.123
STA 10+000 - 10+825	0.1407	0.022		0.163	0.474
STA 10+825 - 11+502.94		0.019	0.673	0.692	0.124

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 46 Perhitungan Cgabungan untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur

Nama STA / saluran	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )			Atot	Cgabungan
	Pemukiman	Jalan	Lahan kosong		
	C = 0.40	C = 0.95	C = 0.10		
STA 4+000 - 5+150	0.229	0.018		0.247	0.440
STA 5+150 - 5+800	0.216	0.023		0.239	0.454
STA 5+800 - 6+650	0.1725	0.011		0.184	0.433
STA 6+650 - 7+050	0.1133	0.017		0.130	0.470
STA 7+050 - 7+650		0.019	0.581	0.600	0.127
STA 7+650 - 8+350		0.008	0.469	0.477	0.115
STA 8+350 - 8+650	0.1074	0.021		0.128	0.489
STA 8+650 - 9+350	0.226	0.003		0.229	0.407
STA 9+350 - 9+450	0.05	0.007		0.057	0.466
STA 9+450 - 9+600	0.043	0.011		0.054	0.512
STA 9+600 - 10+000		0.022	0.3583	0.380	0.149
STA 10+000 - 10+825	0.1235	0.019		0.143	0.474
STA 10+825 - 11+502.94		0.000	0.6865	0.687	0.100

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Perhitungan debit rencana 10 tahun

Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung debit rencana 10 tahun yaitu rumus debit rasional.

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I_t \times A$$

Dengan:

Q = Debit puncak (m<sup>3</sup>/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

Hasil perhitungan debit rencana 10 tahun untuk saluran yang terpotong jalan dapat dilihat pada tabel 4.47 dan saluran drainase jalan dapat dilihat pada tabel 4.48 dan tabel 4.49.

Tabel 4. 47 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk saluran yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat

Nama Saluran	tc (jam)	R10 (mm)	Intensitas hujan (mm/jam)	C	Q (m <sup>3</sup> /det)
Gunungsari	3.25	127.72	97.03	0.25	29.94
Sememi Selatan	1.74	140.83	370.21	0.25	25.63
Made	1.24	140.83	732.07	0.25	51.90
Citra Raya	1.63	140.83	426.50	0.25	38.24
Lakarsantri	1.63	140.83	424.56	0.25	46.62
Kedurus	4.37	113.18	47.31	0.25	62.41

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 48 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Barat

Nama STA / saluran	I (mm/jam)	Cgabungan	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
STA 4+000 - 5+150	101.896	0.420	0.227	2.703
STA 5+150 - 5+800	145.523	0.442	0.233	4.166
STA 5+800 - 6+650	123.913	0.469	0.187	3.025
STA 6+650 - 7+050	193.001	0.452	0.117	2.836
STA 7+050 - 7+650	153.731	0.123	0.598	3.153
STA 7+650 - 8+350	135.109	0.140	0.408	2.148
STA 8+350 - 8+650	236.340	0.445	0.101	2.959
STA 8+650 - 9+350	135.007	0.473	0.156	2.762
STA 9+350 - 9+450	412.738	0.446	0.033	1.677
STA 9+450 - 9+600	259.483	0.497	0.039	1.394
STA 9+600 - 10+000	197.850	0.123	0.404	2.736
STA 10+000 - 10+825	128.190	0.474	0.163	2.750
STA 10+825 - 11+502.94	137.659	0.124	0.692	3.278

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 49 Perhitungan debit rencana 10 tahun untuk Saluran Drainase Tepi Jalan Sisi Bagian Timur

Nama STA / saluran	I (mm/jam)	Cgabungan	A (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /det)
STA 4+000 - 5+150	101.988	0.440	0.247	3.079
STA 5+150 - 5+800	148.961	0.454	0.239	4.498
STA 5+800 - 6+650	125.808	0.433	0.184	2.779
STA 6+650 - 7+050	178.935	0.470	0.130	3.034
STA 7+050 - 7+650	156.615	0.127	0.600	3.326
STA 7+650 - 8+350	134.148	0.115	0.477	2.041
STA 8+350 - 8+650	246.237	0.489	0.128	4.282
STA 8+650 - 9+350	133.075	0.407	0.229	3.441
STA 9+350 - 9+450	417.965	0.466	0.057	3.083
STA 9+450 - 9+600	251.596	0.512	0.054	1.934
STA 9+600 - 10+000	195.736	0.149	0.380	3.087
STA 10+000 - 10+825	128.606	0.474	0.143	2.423
STA 10+825 - 11+502.94	133.764	0.100	0.687	2.553

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.7 Analisa Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini diantaranya perhitungan kapasitas saluran dan perencanaan saluran.

##### 4.7.1 Perhitungan Debit Banjir (*Full Bank Capacity*)

*Full bank capacity existing* adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata yang digunakan pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana.

Perhitungan *full bank capacity existing* saluran primer Gunungsari dengan data sebagai berikut:

2 box culvert dengan ukuran :

$$b = 3,5 \text{ m}$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$n = 0,011$$

$$I_o = 0,00021$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} A_{\text{tot}} &= (b \times h) \cdot 2 \\ &= (3,5\text{m} \times 4\text{m}) \cdot 2 \\ &= 28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= (b + 2 \cdot h) \times 2 \\ &= (3,5\text{m} + 2 \cdot 4\text{m}) \times 2 \\ &= 23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{28 \text{ m}^2}{23 \text{ m}} \\ &= 1,22 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,011} \times 1,22^{2/3} \times 0,00021^{1/2} \\
 &= 1,5 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ saluran} &= A \times V \\
 &= 28 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m/det} \\
 &= 42,003 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *full bank capacity existing* pada saluran lainnya dapat dilihat pada tabel 4.50  
Tabel 4. 50 Perhitungan kapasitas eksisting saluran yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat

No	Nama sungai	tipe saluran	L (km)	S	n	b (m)	h (m)	z	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)
1	Gunungsari Sememi	persegi	2.659	0.0002	0.011	3.5	4		28	23	1.22	1.30	36.41
2	Selatan	trapesium	3.06	0.0021	0.03	8.3	2.806	0.36	26.12	14.26	1.83	2.26	59.02
3	Made	persegi	2.176	0.0021	0.025	5	2.347		11.74	9.69	1.21	2.06	24.14
4	Citra Raya	trapesium	2.876	0.0021	0.025	21	4.164	0.24	91.61	29.56	3.10	3.88	355.18
5	Lakarsantri	persegi	2.657	0.0018	0.02	7.5	2.332		17.49	12.16	1.44	2.73	47.79
6	Kedurus	trapesium	7.07	0.0018	0.03	18	3.51	3	100.14	40.20	2.49	2.59	259.52

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perbandingan kapasitas saluran eksisting saluran yang terpotong jalan raya dengan debit rencana 10 tahun yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.51

Tabel 4. 51 Perbandingan kapasitas eksisting saluran dengan debit rencana 10 tahun

Nama Saluran	Q rencana (m <sup>3</sup> /det)	Q eksisting (m <sup>3</sup> /det)	Keterangan
Gunungsari	29.94	36.41	aman
Sememi Selatan	25.63	59.02	aman
Made	51.90	24.14	meluber
Citra Raya	38.24	355.18	aman
Lakarsantri	46.62	47.79	aman
Kedurus	62.41	259.52	aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.7.2 Perencanaan Dimensi Saluran Tepi jalan

Contoh perhitungan untuk menentukan dimensi saluran tepi jalan sisi barat

Data perencanaan :

$$Q = 2,65 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$v = 1 \text{ m/det}$$

$$n = 0,02$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$w = 0,5 \text{ m}$$



$$Q = v \times A$$

$$A = \frac{2,65}{1}$$

$$A = 2,65 \text{ m}^2$$

$$A = b \times y$$

$$2,65 = 2 \times y$$

$$y = 1,32 \text{ m}$$

$$h = y + w$$

$$h = 1,32 + 0,5$$

$$h = 1,82 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{p} = \frac{b \times h}{b + 2h}$$

$$R = \frac{2,64}{4,64}$$

$$R = 0,57 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$I = 0,000851$$

Jadi, saluran tepi jalan STA 4+000 dan STA 5+150 direncanakan dengan menggunakan *u-ditch* dimensi :

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$h \text{ air} = 1,82 \text{ m}$$

$$S = 0,000851$$

$$v = 1 \text{ m/det}$$

Perhitungan saluran tepi jalan dapat dilihat pada tabel 4.52 dan 4.53

Tabel 4. 52 Dimensi u-ditch untuk saluran tepi jalan sisi barat

No	Nama STA	L (m)	S	n	b (m)	h (m)	h air (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Q		
											V (m/det)	hidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Q hidrologi (m <sup>3</sup> /det)
1	STA 4+000 - 5+150	1150	0.0005	0.02	2	2	1.343	4.000	4.686	0.854	1.0	3.977	2.703
2	STA 5+150 - 5+800	650	0.0008	0.02	2	2	1.686	4.000	5.371	0.745	1.2	4.732	4.166
3	STA 5+800 - 6+650	850	0.0005	0.02	2	2	1.482	4.000	4.963	0.806	1.0	3.916	3.025
4	STA 6+650 - 7+050	400	0.0005	0.02	2	2	1.372	4.000	4.745	0.843	1.0	3.937	2.836
5	STA 7+050 - 7+650	600	0.0005	0.02	2	2	1.566	4.000	5.132	0.779	1.0	3.926	3.153
6	STA 7+650 - 8+350	700	0.0004	0.02	2	2	1.085	4.000	4.171	0.959	1.0	3.911	2.148
7	STA 8+350 - 8+650	300	0.0007	0.02	2	2	1.123	4.000	4.246	0.942	1.3	5.137	2.959
8	STA 8+650 - 9+350	750	0.0005	0.02	2	2	1.202	4.000	4.405	0.908	1.1	4.314	2.762
9	STA 9+350 - 9+450	100	0.0003	0.02	2	2	0.968	4.000	3.937	1.016	0.9	3.560	1.677
10	STA 9+450 - 9+600	150	0.0003	0.02	2	2	0.772	4.000	3.543	1.129	0.9	3.532	1.394
11	STA 9+600 - 10+000	400	0.0006	0.02	2	2	1.095	4.000	4.190	0.955	1.2	4.732	2.736
12	STA 10+000 - 10+800	800	0.0005	0.02	2	2	1.324	4.000	4.649	0.860	1.0	3.915	2.750
13	STA 10+800 - 11+502.94	702.94	0.0005	0.02	2	2	1.537	4.000	5.074	0.788	1.0	3.928	3.278

(Sumber: Hasil Perhitungan)

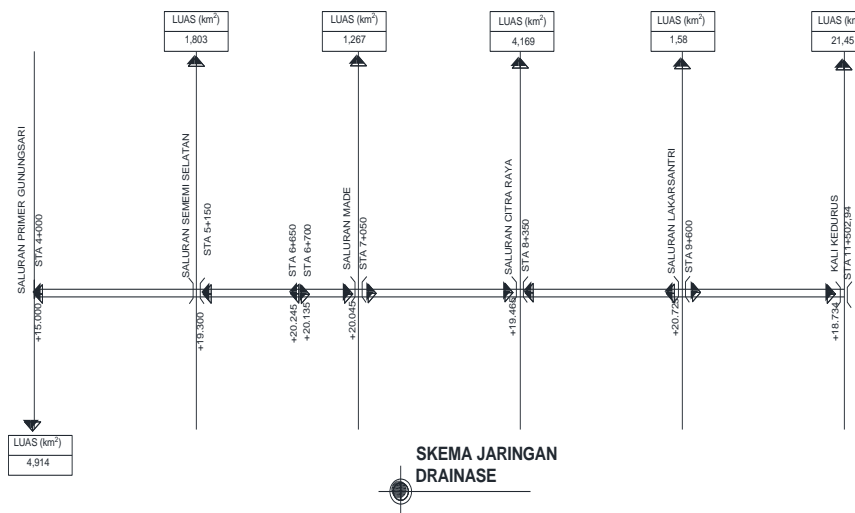
Tabel 4. 53 Dimensi saluran u-ditch untuk saluran tepi jalan sisi timur

No	Nama STA	L (m)	S	n	b (m)	h (m)	h air (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Q hidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Q hidrologi (m <sup>3</sup> /det)
1	STA 4+000 - 5+150	1150	0.0008	0.02	2	2	1.499	4	4.998	0.800	1.0	4.108	3.079
2	STA 5+150 - 5+800	650	0.0010	0.02	2	2	1.909	4	5.818	0.688	1.2	4.713	4.498
3	STA 5+800 - 6+650	850	0.0009	0.02	2	2	1.369	4	4.739	0.844	1.0	4.059	2.779
4	STA 6+650 - 7+050	400	0.0008	0.02	2	2	1.495	4	4.989	0.802	1.0	4.061	3.034
5	STA 7+050 - 7+650	600	0.0008	0.02	2	2	1.588	4	5.176	0.773	1.0	4.189	3.326
6	STA 7+650 - 8+350	700	0.0009	0.02	2	2	1.069	4	4.138	0.967	1.0	3.819	2.041
7	STA 8+350 - 8+650	300	0.0008	0.02	2	2	1.961	4	5.921	0.676	1.1	4.368	4.282
8	STA 8+650 - 9+350	750	0.0008	0.02	2	2	1.640	4	5.280	0.758	1.0	4.196	3.441
9	STA 9+350 - 9+450	100	0.0008	0.02	2	2	1.519	4	5.038	0.794	1.0	4.059	3.083
10	STA 9+450 - 9+600	150	0.0012	0.02	2	2	0.927	4	3.854	1.038	1.0	4.173	1.934
11	STA 9+600 - 10+000	400	0.0009	0.02	2	2	1.440	4	4.880	0.820	1.1	4.288	3.087
12	STA 10+000 - 10+800	800	0.0008	0.02	2	2	1.262	4	4.524	0.884	1.0	3.840	2.423
13	STA 10+800 - 11+502.94	702.94	0.0008	0.02	2	2	1.320	4	4.640	0.862	1.0	3.869	2.553

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.8 Perencanaan Sistem Aliran

Sistem aliran pada saluran drainase Jalan Lingkar Luar Barat direncanakan untuk mengalirkan debit pada saluran drainase tepi jalan raya menuju ke saluran pembuang yang dilewati oleh Jalan Lingkar Luar Barat ini. Ada 6 sungai atau saluran pembuang yang dilewati oleh Jalan Lingkar Luar Barat ini, maka diperlukan adanya perencanaan sistem aliran agar sistem drainase Jalan Lingkar Luar Barat ini tidak membebani saluran pembuang yang ada. Untuk skema jaringan drainase dapat dilihat pada gambar 4.1 dan untuk perhitungan penambahan debit limpasan yang dialirkan ke sungai dapat dilihat pada tabel 4.54.



Gambar 4. 4 Skema sistem aliran untuk saluran drainase Jalan Lingkar Luar Barat

Tabel 4. 54 Perhitungan pembagian debit aliran limpasan dari jalan ke sungai yang terpotong jalan

Nama sungai	tc (jam)	Intensitas (mm/jam)	C lahan dan jalan	C sungai	C gabungan	A lahan dan jalan (km <sup>2</sup> )	A sungai (km <sup>2</sup> )	A tot (km <sup>2</sup> )	Q hidrologi (m <sup>3</sup> /det)	Q hidrolika (m <sup>3</sup> /det)
Gunungsari	3.25	97.03	0.237	0.25	0.249	0.474	4.44	4.914	32.975	36.41
Sememi Selatan	1.713	384.12	0.209	0.25	0.231	0.843	0.96	1.803	44.456	59.02
Made	1.24	732.068	0.433	0.25	0.286	0.247	1.02	1.267	73.666	24.14
Citra Raya	1.625	426.5	0.148	0.25	0.185	2.282	1.29	3.572	88.908	355.18
Lakarsantri	1.63	424.56	0	0.25	0.25	0	1.58	1.58	46.621	47.79
Kedurus	4.375	47.31	0.155	0.25	0.239	2.469	18.98	21.449	67.435	259.52

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari analisa perhitungan diatas berdasarkan  $Q_{\text{hidrologi}} < Q_{\text{hidrolika}}$ , dapat diketahui bahwa kapasitas Saluran Made tidak mencukupi untuk menampung debit rencana saluran tersebut dan debit limpasan dari Jalan Lingkar Luar Barat.

#### 4.9 Perencanaan Gorong-Gorong

Gorong-gorong dibangun agar saluran tepi jalan dapat melintasi jalan raya. Pada Jalan Lingkar Luar Barat direncanakan gorong-gorong yang melintasi jalan dengan panjang gorong-gorong sebesar 55 meter. Karena  $L > 20$  meter, maka gorong-gorong termasuk dalam gorong-gorong panjang. Untuk gorong-gorong panjang Saluran Gunungsari direncanakan sebagai berikut :

Diketahui data gorong-gorong :

$$Q = 42 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$L = 55 \text{ m}$$

$$V_0 = 1,3 \text{ m/det}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ m/det}$$

$$V_2 = 1,3 \text{ m/det}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{42}{1,5}$$

$$A = 28 \text{ m}^2$$

Direncanakan 2 box culvert dan  $h = 4 \text{ m}$

$$A = 2 \times (b \times h)$$

$$= 2 \times (b \times 4)$$

$$b = 3,5 \text{ m}$$

Kehilangan energi pada saat air masuk ke gorong-gorong

$$\Delta H_m = \varepsilon_m \times \frac{(v_1 - v_0)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta H_m = 0,2 \times \frac{(1,5 - 1,3)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_m = 0,00041 \text{ m}$$

Kehilangan energi yang terjadi di sepanjang gorong-gorong

$$\Delta Hf = \frac{v_1^2 \times L}{C^2 \times R}$$

$$\Delta Hf = \frac{1,5^2 \times 55}{\frac{1}{(1,22^{\frac{1}{6}} \times 70)^2} \times 1,22}$$

$$\Delta Hf = 0,019 \text{ m}$$

Kehilangan energi pada saat air keluar dari gorong-gorong

$$\Delta Hm = \varepsilon_k \times \frac{(v_2 - v_1)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta Hm = 0,4 \times \frac{(1,3 - 1,5)^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta Hm = 0,00082 \text{ m}$$

Kehilangan energi total

$$Z = \Delta Hm + \Delta Hf + \Delta Hk$$

$$Z = 0,00041 + 0,019 + 0,00082$$

$$Z = 0,021 \text{ m}$$

Untuk dimensi gorong-gorong yang lain dapat dilihat pada tabel 4.55

Tabel 4. 55 Dimensi gorong-gorong untuk setiap sungai yang dilewati

No	Nama sungai	L (km)	S	n	jumlah	b (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Qhidrologi
1	Gunungsari	2.659	0.0002	0.011	2	3.5	4	28	23	1.22	1.5	42.0	32.98
2	Sememi Selatan	3.06	0.0003	0.011	3	3	3	27	27	1	1.7	45.9	44.34
3	Made	2.176	0.0002	0.011	1	5	3	15	11	1.36	1.5	22.5	75.07
4	Citra Raya	2.876	0.0001	0.011	4	5	4.5	90	56	1.61	1.5	135.0	88.51
5	Lakarsantri	2.657	0.0003	0.011	2	3	2.5	15	16	0.94	1.5	22.5	46.62
6	Kedurus	7.07	0.0002	0.011	4	4.5	4	72	50	1.44	1.5	108.0	67.74

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil analisa di atas berdasarkan  $Q \text{ hidrologi} < Q \text{ hidrolika}$ , dapat diketahui bahwa setelah dibangun gorong-gorong pada tiap sungai, penampang gorong-gorong Saluran Made dan Saluran Lakarsantri tidak mampu untuk menampung debit rencana dari debit limpasan saluran tepi Jalan Lingkar Luar Barat.



Tabel 4. 56 Kehilangan energi pada saat air masuk gorong-gorong

Nama sungai	v1	v0	$\xi m$	g	$\Delta Hm$
Gunungsari	1.5	1.3	0.2	9.8	0.00041
Sememi Selatan	1.7	2.26	0.2	9.8	0.00320
Made	1.5	2.06	0.2	9.8	0.00320
Citra Raya	1.5	3.88	0.2	9.8	0.05780
Lakarsantri	1.5	1.44	0.2	9.8	0.00004
Kedurus	1.5	2.49	0.2	9.8	0.01000

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 57 Kehilangan energi yang terjadi di sepanjang gorong-gorong

Nama sungai	$\xi k$	v2	v1	g	$\Delta Hk$
Gunungsari	0.4	1.3	1.5	9.8	0.00082
Sememi Selatan	0.4	2.26	1.7	9.8	0.00640
Made	0.4	2.06	1.5	9.8	0.00640
Citra Raya	0.4	3.88	1.5	9.8	0.11560
Lakarsantri	0.4	1.44	1.5	9.8	0.00007
Kedurus	0.4	2.49	1.5	9.8	0.02000

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 58 Kehilangan energi pada saat air keluar gorong-gorong

Nama sungai	$v1^2$	L	$R^{1/6}$	K	$C^2$	R	$\Delta Hf$
Gunungsari	2.25	55	1.02	70	5120.24	1.14	0.021
Sememi Selatan	2.89	55	1.00	70	4891.999518	0.99511	0.033
Made	2.25	55	1.11	70	6066.56	1.90	0.011
Citra Raya	2.25	55	1.06	70	5494.58	1.41	0.016
Lakarsantri	2.25	55	1.02	70	5103.15	1.13	0.021
Kedurus	2.25	55	1.04	70	5263.50	1.23947	0.019

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 59 Total kehilangan energi di gorong-gorong

Nama sungai	$\Delta H_m$	$\Delta H_f$	$\Delta H_k$	$z$
Gunungsari	0.00041	0.021	0.00082	0.022
Sememi Selatan	0.00320	0.033	0.00640	0.042
Made	0.00320	0.011	0.00640	0.020
Citra Raya	0.05780	0.016	0.11560	0.189
Lakarsantri	0.00004	0.021	0.00007	0.022
Kedurus	0.01000	0.019	0.02000	0.049

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.10 Perencanaan Elevasi untuk Saluran Tepi Jalan dan Saluran Pembuang

Analisa elevasi diperlukan untuk mengecek antara elevasi saluran tepi jalan dan saluran pembuang. Elevasi di saluran tepi jalan harus lebih tinggi dari saluran pembuang agar tidak terjadi *backwater* dari saluran pembuang, tetapi juga perbedaan elevasi tidak boleh terlalu tinggi dikarenakan berdampak pada batas kecepatan dan debit yang harus dipenuhi.

Elevasi untuk tiap-tiap titik pertemuan saluran tepi jalan dan sungai dapat dilihat pada tabel 4.60 dan tabel 4.61. Dan untuk elevasi gorong-gorong tiap sungai dapat dilihat pada tabel 4.62.

Tabel 4. 60 Elevasi untuk tiap pertemuan saluran tepi jalan sisi barat Jalan Lingkar Luar Barat dengan sungai

No	Nama STA/sungai	elevasi jalan	h saluran	h air	elevasi dasar saluran	elevasi muka air	elevasi tanggul
1	Gunungsari	17	4	3.554	11.21	14.764	15.21
	4+000	17	2	1.343	15	16.343	17
	5+100	18.916	2	1.343	16.916	18.259	18.916
2	Sememi Selatan	19.3	2.806	2.342	12.5	14.842	15.306
	5+200	19.3	2	1.686	17.3	18.986	19.3
	7+000	20.045	2	1.372	18.045	19.417	20.045
3	Made	20.045	2.347	2.347	14.295	16.642	16.642
	7+100	20.045	2	1.566	18.045	19.611	20.045
	8+300	19.465	2	1.085	17.465	18.550	19.465
4	Citra Raya	19.465	4.164	1.237	14.165	15.402	18.329
	8+400	19.465	2	1.123	17.465	18.588	19.465
	9+550	20.38	2	0.772	18.38	19.152	20.38
5	Lakarsantri	20.725	2.332	2.278	15.225	17.503	17.557
	9+650	20.485	2	1.095	18.485	19.580	20.485
	11+500	19.085	2	1.537	17.085	18.622	19.085
6	Kedurus	18.734	3.51	1.254	12.734	13.988	16.244

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 61 Elevasi untuk tiap pertemuan saluran tepi jalan sisi timur Jalan Lingkar Luar Barat dengan sungai

No	Nama STA/sungai	elevasi jalan	h saluran	h air	elevasi dasar saluran	elevasi muka air	elevasi tanggul
1	Gunungsari	17	4	3.554	11.21	14.764	15.21
	4+000	17	2	1.499	15	16.499	17
	5+100	18.916	2	1.909	16.916	18.825	18.916
2	Sememi Selatan	19.3	2.806	2.342	12.5	14.842	15.306
	5+200	19.3	2	1.909	17.3	19.209	19.3
	7+000	20.045	2	1.495	18.045	19.540	20.045
3	Made	20.045	2.347	2.347	14.295	16.642	16.642
	7+100	20.045	2	1.588	18.045	19.633	20.045
	8+300	19.465	2	1.069	17.465	18.534	19.465
4	Citra Raya	19.465	4.164	4.164	14.165	18.329	18.329
	8+400	19.465	2	1.961	17.465	19.426	19.465
	9+550	20.38	2	0.927	18.38	19.307	20.38
5	Lakarsantri	20.725	2.332	2.278	15.225	17.503	17.557
	9+650	20.485	2	1.440	18.485	19.925	20.485
	11+500	19.085	2	1.320	17.085	18.405	19.085
6	Kedurus	18.734	3.51	1.254	12.734	13.988	16.244

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 62 Rekapitulasi elevasi di gorong-gorong tiap sungai setelah ditambahkan kehilangan energi

Nama sungai	elv. dasar saluran	elv. muka air	elv. sebelum gorong	elv. di gorong	elv. sesudah gorong	keterangan
Gunungsari	11.21	14.490	14.479	14.458	14.458	aman
Sememi Selatan	12.5	14.840	15.447	15.414	15.408	aman
Made	14.259	22.139	22.136	22.125	22.119	meluber
Citra Raya	14.165	17.399	17.341	17.325	17.209	aman
Lakarsantri	15.225	17.399	19.795	19.773	19.773	meluber
Kedurus	12.734	15.494	15.484	15.465	15.445	aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### 4.11 Normalisasi Saluran Kota yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat

Normalisasi saluran yang masih tidak dapat menampung debit limpasan dan pembangunan saluran yang masih berupa saluran alam dilakukan pada Saluran Made dan Saluran Lakarsantri di bagian yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat sampai ke bagian hilir.

#### 4.11.1 Normalisasi Saluran Made

Tabel 4. 63 Dimensi dan kapasitas penampang saluran Made sebelum di normalisasi

Nama patok	tipe saluran	L (km)	S	n	b (m)	h (m)	z	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana maks (m <sup>3</sup> /det)
MAD01221	persegi	2.176	0.0021	0.025	5	2.347		11.735	9.694	1.21	2.08	24.43	75.07
MAD01400	trapesium	2.176	0.0030	0.03	3.1	1.67	0.66	7.02	7.10	0.99	1.81	12.71	
MAD01600	trapesium	2.176	0.0053	0.03	3.1	1.7	0.47	6.63	6.86	0.97	2.37	15.73	
MAD01800	trapesium	2.176	0.0038	0.03	3	1.682	1	7.88	7.76	1.02	2.08	16.35	
MAD02000	trapesium	2.176	0.0052	0.03	1.5	1.756	0.46	4.05	5.37	0.76	1.99	8.08	
MAD02176	trapesium	2.176	0.0020	0.03	2.4	1.614	0.5	5.18	6.01	0.86	1.35	6.99	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 64 Dimensi dan kapasitas penampang saluran Made sesudah di normalisasi

Nama patok	tipe saluran	L (km)	S	n	b (m)	h (m)	z	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana maks (m <sup>3</sup> /det)
MAD01221	persegi	2.176	0.0021	0.025	7	4		28	15	1.87	2.78	77.81	75.07
MAD01400	trapesium	2.176	0.0030	0.03	6	3.5	0.66	29.09	14.39	2.02	2.92	84.90	
MAD01600	trapesium	2.176	0.0053	0.03	6	3.5	0.47	26.76	13.73	1.95	3.79	101.29	
MAD01800	trapesium	2.176	0.0038	0.03	6	3.5	1	33.25	15.90	2.09	3.36	111.73	
MAD02000	trapesium	2.176	0.0052	0.03	6	3.5	0.46	26.64	13.71	1.94	3.74	99.70	
MAD02176	trapesium	2.176	0.0020	0.03	6	3.5	0.5	27.13	13.83	1.96	2.34	63.37	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Normalisasi saluran dilakukan untuk menambah kapasitas tampungan Saluran Made dengan cara melebarkan saluran dan memperdalam saluran. Untuk hasil normalisasi dapat dilihat pada tabel 4.63 dan tabel 4.64.

#### 4.11.2 Normalisasi Saluran Lakarsantri

Tabel 4. 65 Dimensi dan kapasitas penampang Saluran Lakarsantri sebelum di normalisasi

Nama patok	tipe saluran	L (km)	S	n	b (m)	h (m)	z	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana maks (m <sup>3</sup> /det)
LAK01570	persegi	2.657	0.0007	0.02	7.5	2.332		17.49	12.16	1.44	1.70	29.75	46.62
LAK01600	trapesium	2.657	0.0008	0.025	2.5	1.471	1.22	6.32	7.14	0.88	1.02	6.45	
LAK01800	trapesium	2.657	0.0014	0.025	3.7	1.51	0.46	6.64	7.02	0.94	1.43	9.46	
LAK02400	trapesium	2.657	0.0013	0.025	3	0.87	0.9	3.29	5.34	0.62	1.05	3.46	
LAK02600	trapesium	2.657	0.0030	0.025	2.5	1	0.6	3.10	4.83	0.64	1.63	5.05	
LAK02657	trapesium	2.657	0.0055	0.025	2	1.391	0.58	3.90	5.22	0.75	2.45	9.55	

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Tabel 4. 66 Dimensi dan kapasitas penampang Saluran Lakarsantri sesudah di normalisasi

Nama patok	tipe saluran	L (km)	S	n	b (m)	h (m)	z	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/det)	Qhidrolika (m <sup>3</sup> /det)	Qrencana maks (m <sup>3</sup> /det)
LAK01570	persegi	2.657	0.0007	0.02	8	2.5		20	13.00	1.54	1.70	34.00	46.62
LAK01600	trapesium	2.657	0.0008	0.025	8	3	1.22	34.98	17.46	2.00	1.76	61.56	
LAK01800	trapesium	2.657	0.0014	0.025	8	2.5	0.46	22.88	13.50	1.69	2.10	48.13	
LAK02400	trapesium	2.657	0.0013	0.025	8	2.5	0.9	25.63	14.73	1.74	2.10	53.87	
LAK02600	trapesium	2.657	0.0030	0.025	8	2.5	0.6	23.75	13.83	1.72	3.14	74.61	
LAK02657	trapesium	2.657	0.0055	0.025	8	2.5	0.58	23.63	13.78	1.71	4.25	100.39	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Normalisasi saluran dilakukan untuk menambah kapasitas tampungan Saluran Lakarsantri dengan cara melebarkan saluran dan memperdalam saluran. Untuk hasil normalisasi dapat dilihat pada tabel 4.65 dan tabel 4.66.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Kondisi eksisting sistem drainase pada kawasan Jalan Lingkar Luar Barat dilewati oleh 6 saluran kota atau sungai yaitu Saluran Primer Gunungsari, Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, Saluran Citra Raya, Saluran Lakarsantri dan Kali Kedurus. Untuk Saluran Sememi Selatan, Saluran Made, dan Saluran Citra Raya mengalirkan debitnya ke Saluran Primer Gunungsari sebagai saluran pembuang. Untuk Saluran Lakarsantri mengalirkan debitnya ke Kali Kedurus sebagai saluran pembuang.
2. Debit banjir rencana maksimum periode ulang 10 tahun yang dialirkan ke saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat sisi barat sebesar  $4,166 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit banjir rencana maksimum periode ulang 10 tahun yang dialirkan ke saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat sisi timur sebesar  $4,498 \text{ m}^3/\text{det}$ .
3. Kebutuhan dimensi saluran drainase tepi Jalan Lingkar Luar Barat untuk menampung debit limpasan air hujan yaitu lebar saluran 2 m dan tinggi saluran 2m dengan menggunakan saluran tipe *u-ditch*.
4. Fasilitas yang digunakan untuk perencanaan drainase Jalan Lingkar Luar Barat yaitu gorong-gorong dengan tipe *box culvert* yang dipasang setiap 6 sungai atau saluran yang terpotong Jalan Lingkar Luar Barat. Untuk dimensi gorong-gorong mengikuti dimensi penampang eksisting tiap sungai atau saluran yang ada.
5. Pengaruh pembangunan Jalan Lingkar Luar Barat terhadap debit limpasan pada sungai atau saluran yang dilalui yaitu debit di sungai atau saluran tersebut bertambah dan menyebabkan kapasitas penampang eksisting Saluran Made dan Saluran Lakarsantri tidak dapat menampung debit limpasan tersebut (meluber).

## 5.2 Saran

Untuk mengatasi tidak cukupnya penampang sungai atau saluran tersebut dapat dilakukan normalisasi sungai atau saluran dan pembangunan sungai atau saluran, khususnya untuk Saluran Made dan Saluran Lakarsantri yang tidak mampu menampung debit limpasan dan perlu dilakukan pembangunan untuk Saluran Sememi Selatan, dan Kali Kedurus bagian hulu yang masih berupa saluran alam atau saluran tanah.

### **Daftar Pustaka**

- Anggrahini. (1996). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya: CV. Citra Media.
- BAPPEDA, K. S. (2000). *Surabaya Drainage Master Plan 2018*. Surabaya: Pemerintah Kotamadya Daerah Tk. II Surabaya.
- Harto, B. (1993). *Analisa Hidrologi*. Yogyakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Loebis, J. (1984). *Banjir Rencana untuk Bangunan Air*. Jakarta: Badan Penerbit.
- Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, S. (1993). *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi untuk Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin. (2003). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Semarang: ANDI.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 Agustus 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDK ST. Aloysius Surabaya (2001-2006), SMPK Stella Maris Surabaya (2006-2009), dan SMAK Stella Maris Surabaya (2009-2012). Setelah lulus dari Sekolah Menengah Atas pada tahun

2012, penulis melanjutkan pendidikan Diploma 3 Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil bidang studi Bangunan Air (2012-2015). Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3115 105 032. Penulis mengambil bidang studi hidroteknik dan judul tugas akhir “**Perencanaan Drainase Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya Tahap 3 (STA 4+000 sampai dengan STA 11+502.94)**”.

Contact Person:

Email : [permata.its@gmail.com](mailto:permata.its@gmail.com)

No. Tlpn : 082139126706

“Halaman ini sengaja dikosongkan”





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



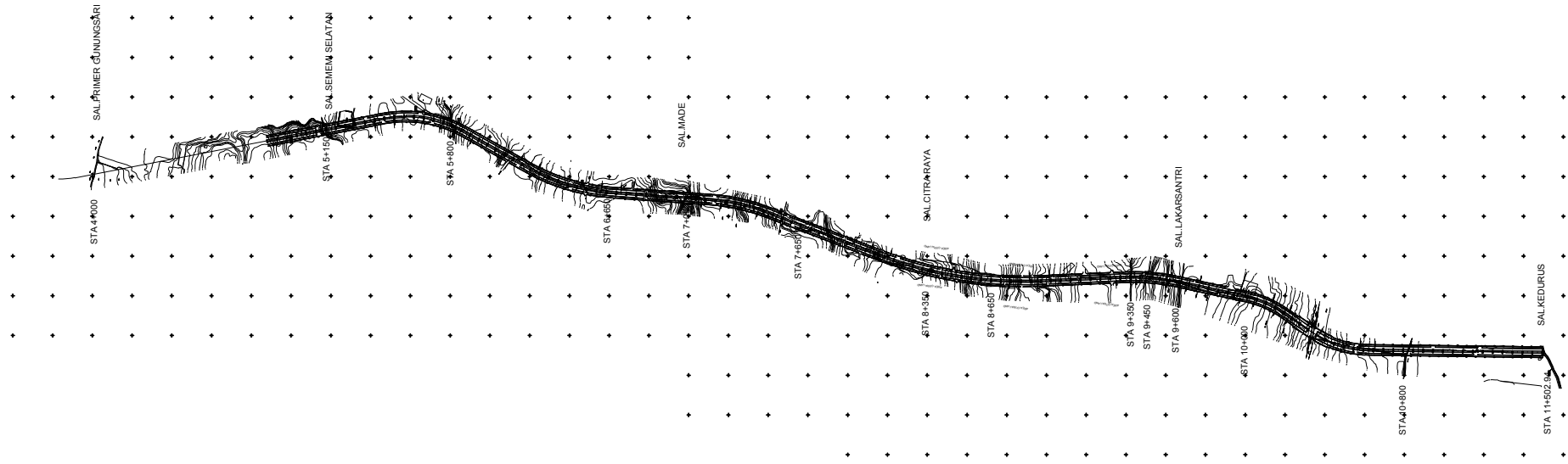
Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: IR. BAMBANG SARWONO, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: PERMATA PRAMESWARI
NRP	: 3115105032
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN DRAWASE JALAN LINGKAR LUAR BARAT TAHAP 3 STA 4+850 SAMPAI DENGAN 11+502,94
TANGGAL PROPOSAL	: 23 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 011680 / IT2.VI 4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	17/3-2017	Perhitungan tc dan debit		
2	17/4-2017	lanjutan perhitungan CA, untuk jalan & sal. drainase jalan → lanjut ke perhitungan debit.		
3	18/5-2017	Cek kemiringan dari CA jalan → OK - Hk sudah benar		
4	19/5-2017	Cek debit sungai		
5	22/5-2017	Perhitungan kembali debit sungai		
6	29/5-2017	Perhitungan hidrolika, lanjut elevasi		
7	8/6-2017	Cek jalan ditunjukkan oleh bermula dari 8% awal - akhir.		

DATUM : ARP

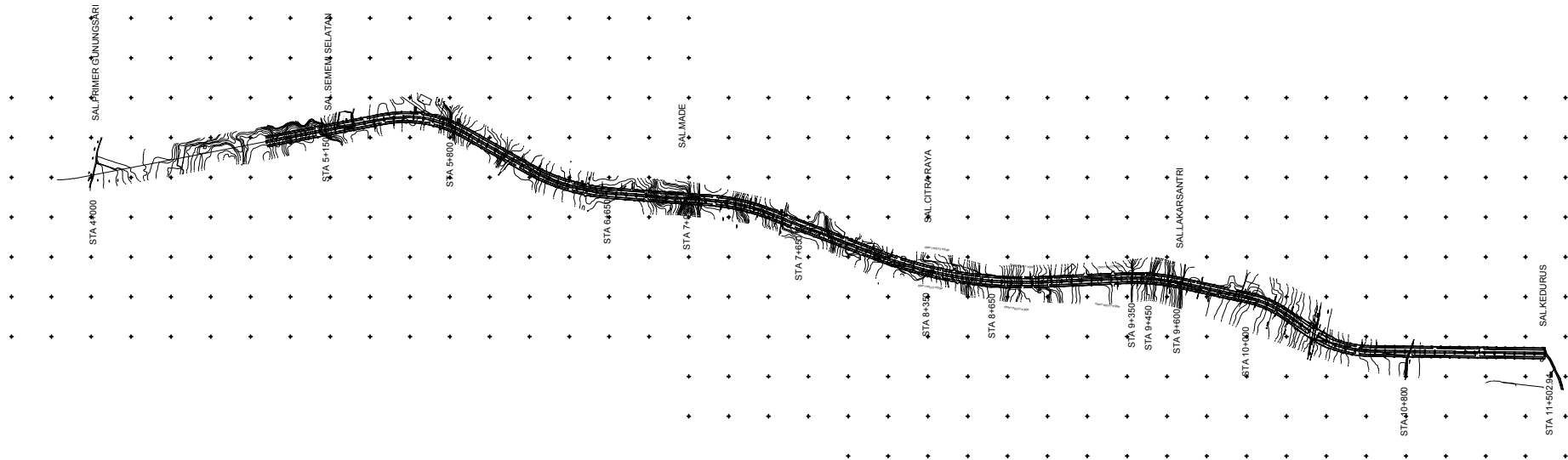
ELEVASI	J A R A K	N O																	
ELEVASI U-DITCH	JARAK PARSIAL (M)	NOMOR STA																	
ELEVASI MUKA AIR	JARAK KUMULATIF																		
ELEVASI DASAR SALURAN																			
ELEVASI DASAR SUNGAI																			
11.210	15.000	16.321	17.000	0.000	STA 4+000	1150	650	850	400	600	700	300	750	100	150	400	800	702,94	
12.500	17.300	18.621	19.300	1150	STA 5+150														
					STA 5+800														
					STA 6+650														
					STA 7+050														
					STA 7+650														
					STA 8+350														
					STA 8+650														
					STA 9+350														
					STA 9+450														
					STA 9+600														
					STA 10+000														
					STA 10+800														
					STA 11+502,94														



NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG SALURAN TEPI JALAN SISI BARAT		14	01		
		SKALA V=1 : 1000   H=1 : 35000					

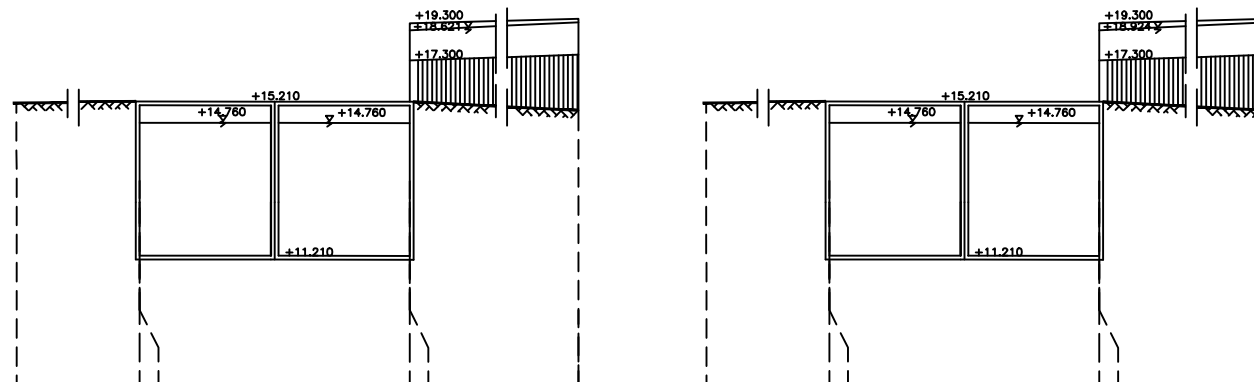
DATUM : ARP

ELEVASI	J A R A K	N O												
			NOMOR STA											
ELEVASI	JARAK	N O	JARAK PARTIAL (M)											
	JARAK KUMULATIF													
	ELEVASI U-DITCH													
	ELEVASI MUKA AIR													
	ELEVASI DASAR SALURAN													
			ELEVASI DASAR SUNGAI											
11.210	13.000	16.624	17.000	0.000	STA 4+000									
12.500	17.300	18.924	19.300	1150	STA 5+150	1150								
					STA 5+800	1800	650							
18.245	19.948	20.245	2650		STA 6+650	2650	850							
14.295	18.045	19.537	20.045	3050	STA 7+050	3050	400							
17.745	19.514	19.745	3650		STA 7+650	3650	600							
14.165	17.465	19.074	19.465	4350	STA 8+350	4350	700							
17.675	19.501	19.675	4650		STA 8+650	4650	300							
18.050	19.875	20.050	5400		STA 9+350	5400	750							
18.380	19.821	20.380	5500		STA 9+450	5500	100							
15.225	18.725	20.620	20.725	5650	STA 9+600	5650	150							
18.485	20.427	20.485	6050		STA 10+000	6050	400							
17.085	18.618	19.085	6850		STA 10+800	6850	800							
12.734	16.734	18.492	18.734	7552.94	STA 11+502	7552.94	702,94							



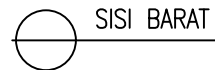
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG SALURAN TEPI JALAN SISI TIMUR		14	02		
		SKALA V=1 : 1000   H=1 : 35000					

STA 4+000 - 5+150



Datum : ARP

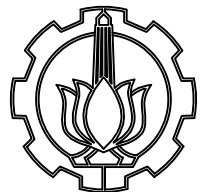
J A R A K	ELEVENSI	ELEVASI YANG ADA											
	JARAK PARSIAL (m)	15.257	15.210	11.210	11.210	15.210	14.615	15.257	15.210	11.210	11.210	15.210	14.615
	JARAK KUMULATIF	0.000	10.000	0.000	3.500	3.500	0.000	10.000	0.000	10.000	0.000	3.500	10.000

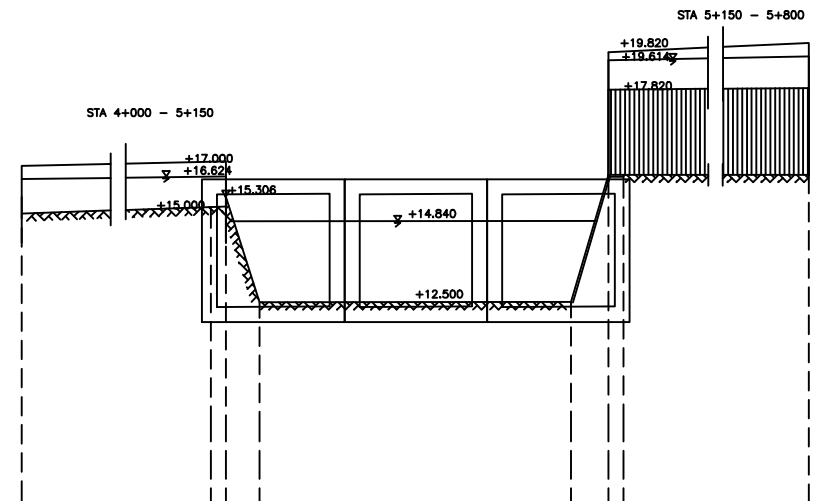



SISI BARAT

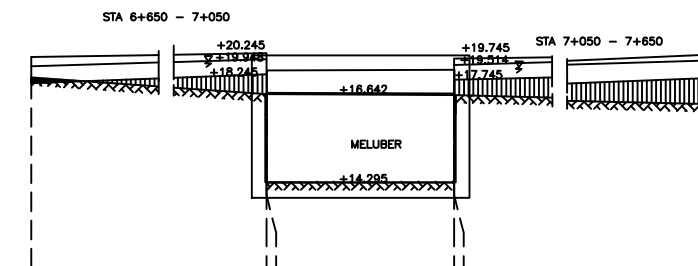
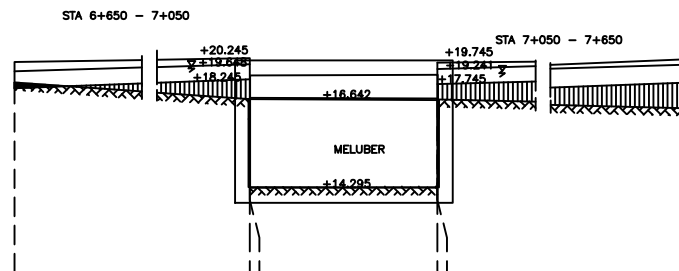


SISI TIMUR

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MELINTANG S.PRIMER GUNUNGSARI	14	03		
		SKALA				
		V=1 : 400   H=1 : 200				

[illegible]

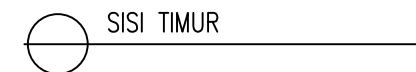
 SISI TIMUR

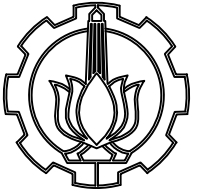


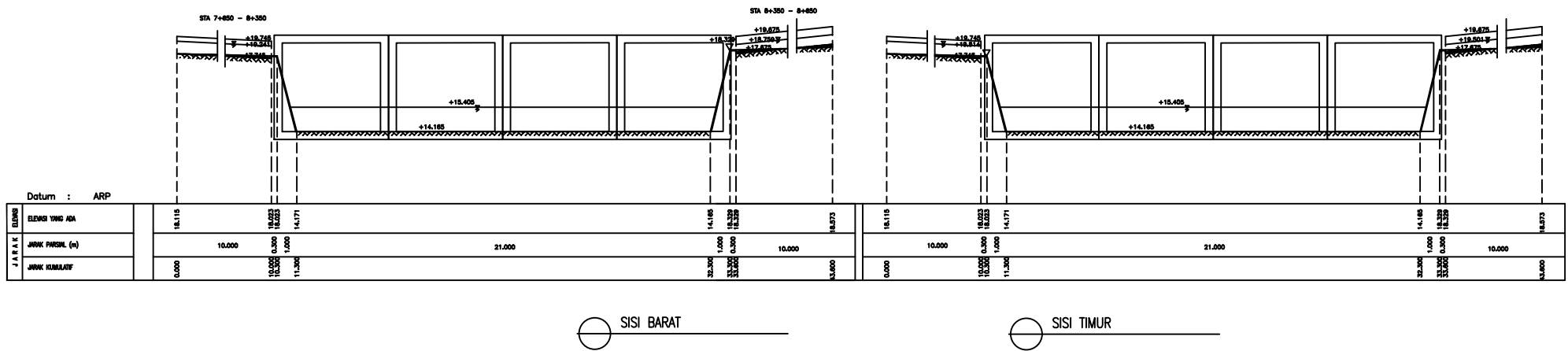
Datum : ARP


ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	17.089	16.642	14.295	14.301	16.648	16.888
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	10.000	0.000	5.000	0.000	10.000	
	JARAK KUMULATIF	0.000	10.000	10.000	15.000	25.000	

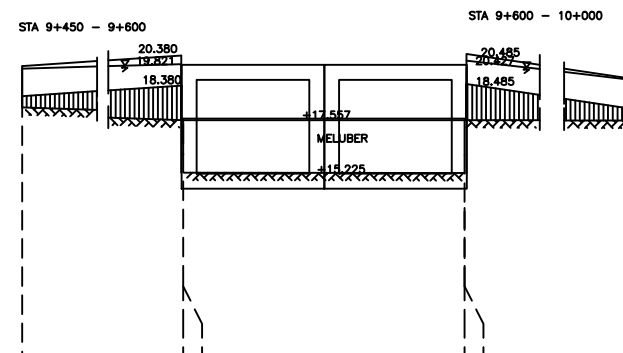
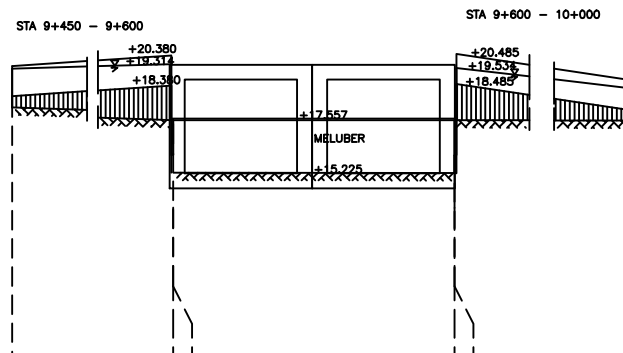
ELEVASI	ELEVASI YANG ADA	17.089	16.642	14.295	14.301	16.648	16.888
J A R A K	JARAK PARSIAL (m)	10.000	0.000	5.000	0.000	10.000	
	JARAK KUMULATIF	0.000	10.000	10.000	15.000	25.000	



NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MELINTANG S.MADE	14	05		
		SKALA				
		V=1 : 700   H=1 : 200				

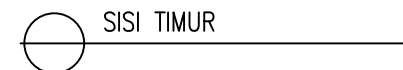



NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MELINTANG S.CITRA RAYA		14	06		
		SKALA					
		V=1 : 450	H=1 : 200				



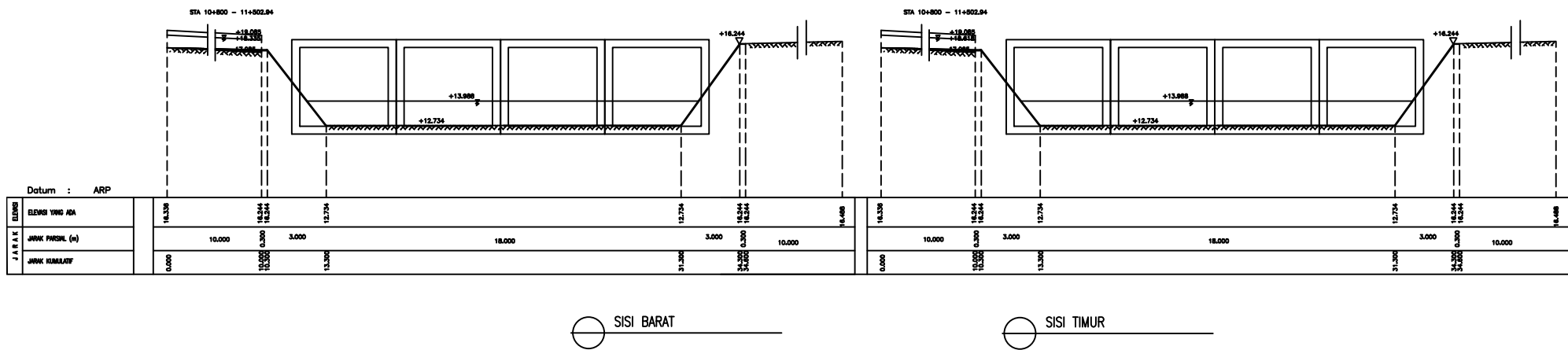
Datum : ARP


J A R A K	ELEVENSI	SISI BARAT					SISI TIMUR						
	ELEVASI YANG ADA	17.889	17.557	15.225	15.214	17.555	11.416	17.889	17.557	15.225	15.214	17.555	11.416
	JARAK PARSIAL (m)	10.000	0,000	7.500	0,000	10.000		10.000	0,000	7.500	0,000	10.000	
	JARAK KUMULATIF	0.000	10.000	10.000	17.500	17.500	27.500	0.000	10.000	10.000	17.500	17.500	27.500

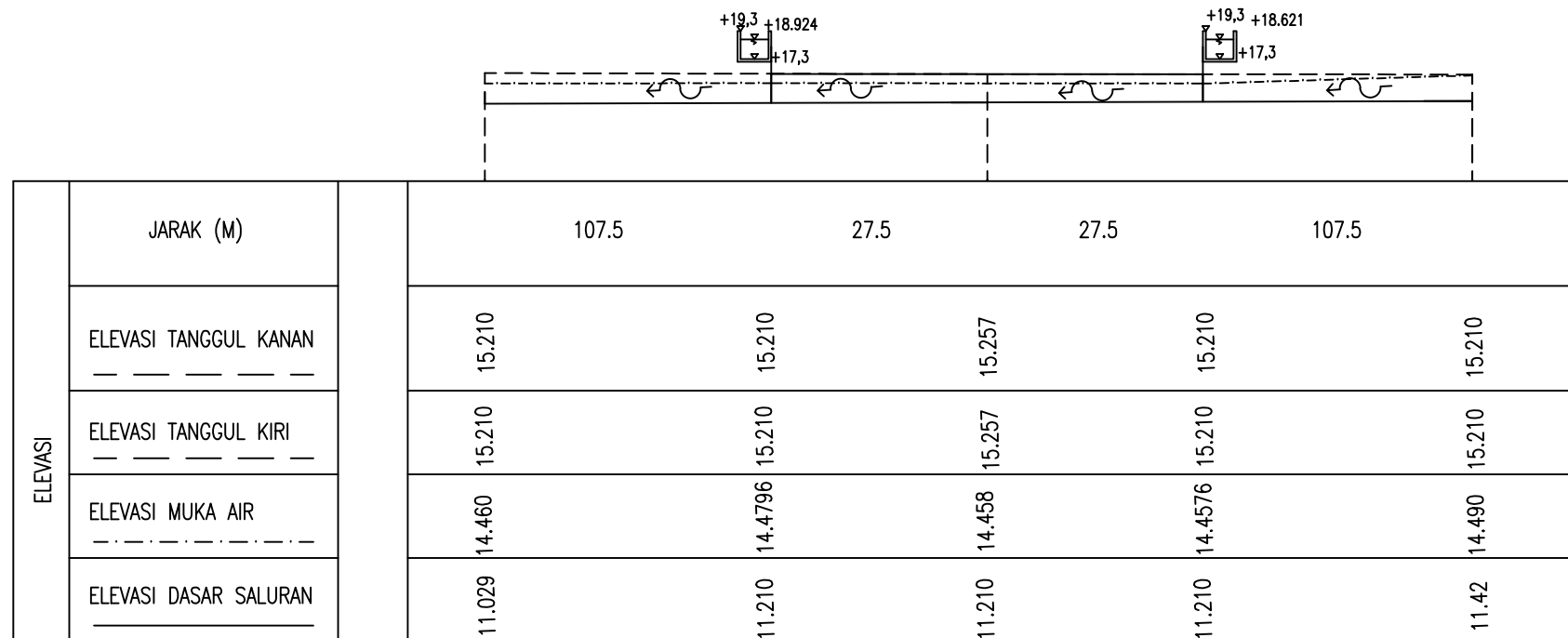


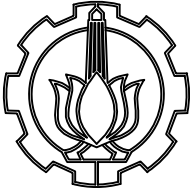
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MELINTANG S.LAKARSANTRI		14	07		
		SKALA V=1 : 500   H=1 : 200					

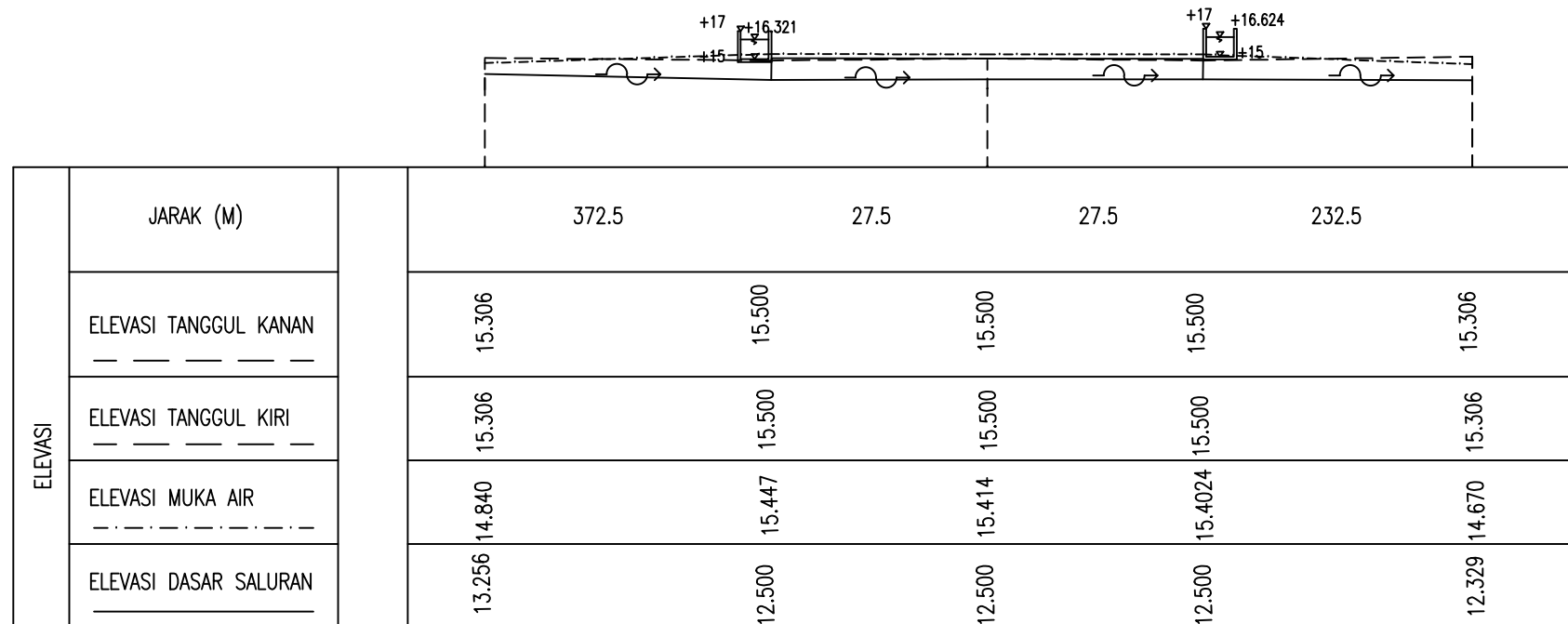


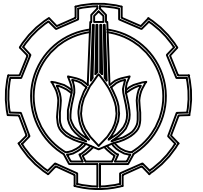


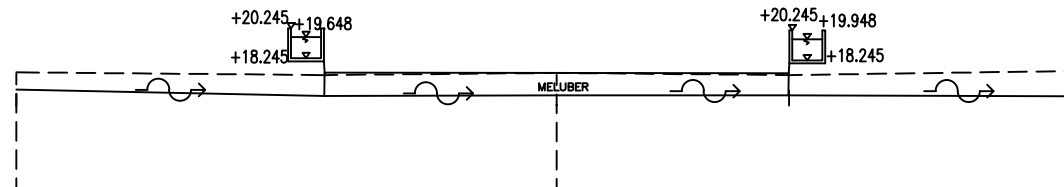
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MELINTANG S.KEDURUS		14	08		
		SKALA					
		V=1 : 450	H=1 : 200				




NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG S.PRIMER GUNUNGSARI PATOK PGS02659 SKALA H = 1:1000    V = 1:100	14	09		

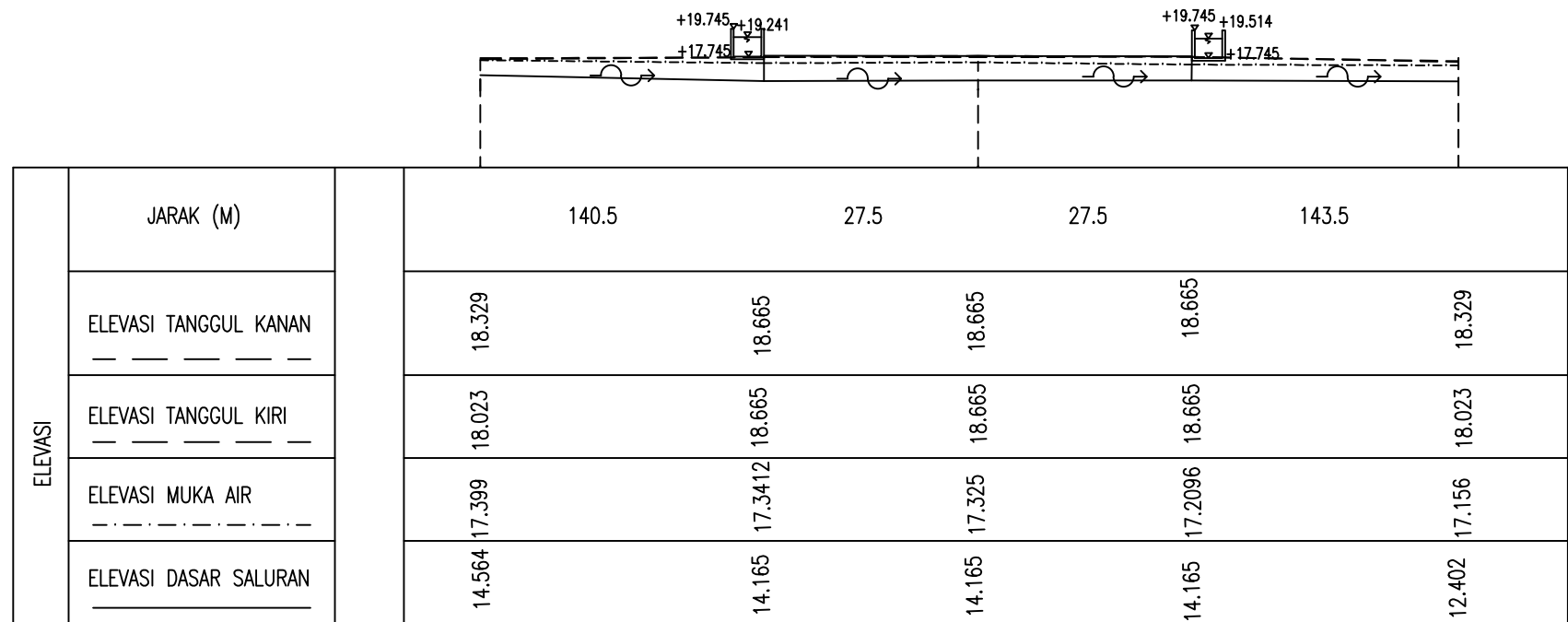


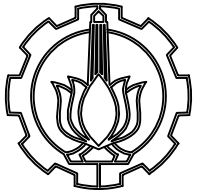
NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG S.SEMEMI SELATAN PATOK SEM00945		14	10		
		SKALA					
		H = 1:1000	V = 1:100				

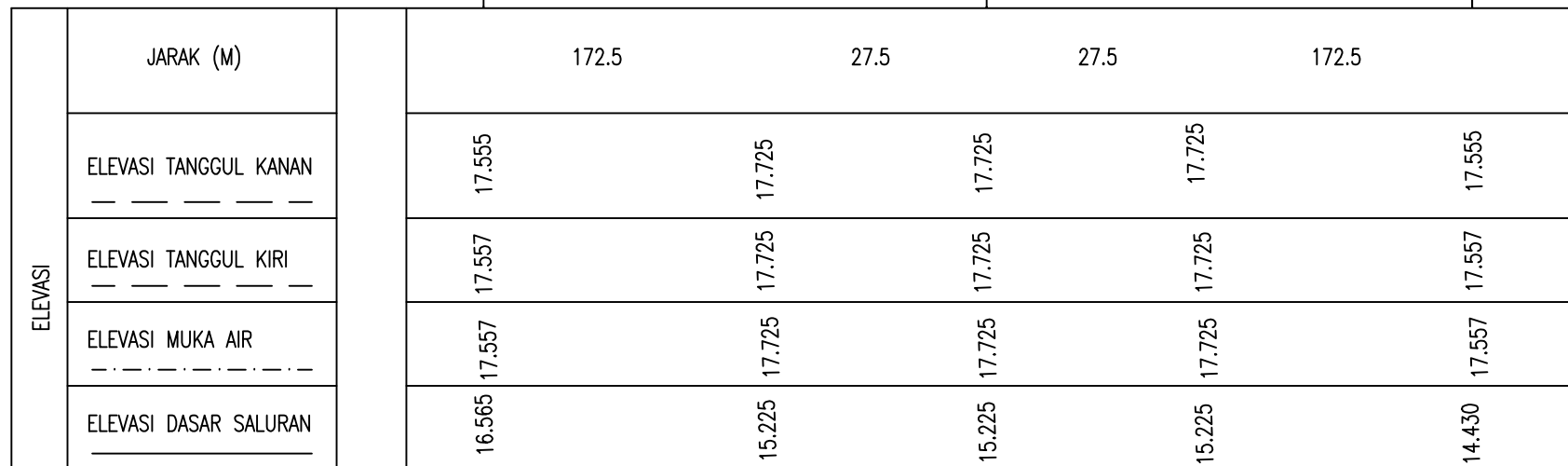


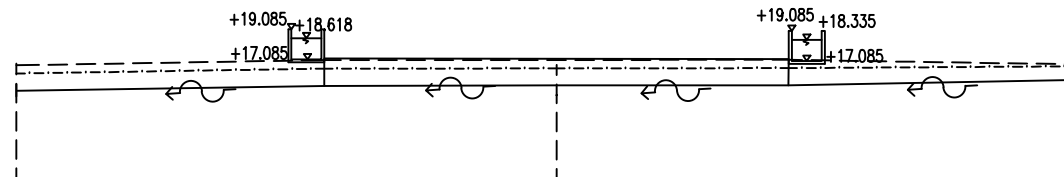
ELEVASI	JARAK (M)	172.5	27.5	27.5	151.5
	ELEVASI TANGGUL KANAN -----	16.648	17.259	17.259	17.259
	ELEVASI TANGGUL KIRI -----	16.642	17.259	17.259	17.259
	ELEVASI MUKA AIR - - - - -	16.642	17.259	17.259	17.259
	ELEVASI DASAR SALURAN -----	15.295	14.259	14.259	14.029

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG S.MADE PATOK MAD01221		14	11		
		SKALA					
		H = 1:1000	V = 1:100				




NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR		JML GMBR	NO GMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG S.CITRA RAYA PATOK CITO2000		14	12		
		SKALA					
		H = 1:1000	V = 1:100				





<div>ELEVASI</div>	JARAK (M)		110.5	27.5	27.5	98	
	ELEVASI TANGGUL KANAN — — — — —		16.244	17.234	17.234	17.234	16.244
	ELEVASI TANGGUL KIRI — — — — —		16.244	17.234	17.234	17.234	16.244
	ELEVASI MUKA AIR - . - . - . - . - . - . - .		15.462	15.445	15.465	15.484	15.494
	ELEVASI DASAR SALURAN —————		11.524 12.734		12.734	12.734	13.789

NAMA MAHASISWA	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	JML GAMBR	NO GAMBR	PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
Permata Prameswari 3115105032	Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. 195303021987011001	POT.MEMANJANG S.KEDURUS PATOK KED07520	14	14		
		SKALA H = 1:1000      V = 1:100				